

**ANDRÉIA PIMENTEL**

**FUNÇÕES DE AFILAMENTO PARA *Pinus caribaea* var. *hondurensis***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de concentração em Manejo Florestal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientador:

Prof. Dr. Henrique Soares Koehler

Co-orientadores:

Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

Prof. Dr. Carlos R. Sanquetta

**CURITIBA**

**2009**

Ficha catalográfica elaborada por Deize C. Kryczyk Gonçalves – CRB 1269/PR

Pimentel, Andréia

Funções de afilamento para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* / Andréia

Pimentel - 2009.

123 fls. : il.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Soares Koehler

Co-orientadores Prof. Dr. Afonso Figueiredo Filho

Prof. Dr. Carlos R. Sanquetta

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal.

Defesa: Curitiba, 02/10/2009.

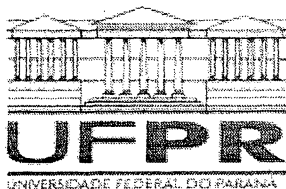
Inclui bibliografia.

Área de concentração: Economia e Política Florestal

1. *Pinus caribaea* var *hondurensis* - Medição. 2. Dendrometria. 3. Polinômios. 4. Teses. I. Koehler, Henrique Soares. II. Figueiredo Filho, Afonso. III. Sanquetta, Carlos R. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.524.1



Universidade Federal do Paraná  
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

**PARECER**

Defesa nº. 809

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após argüir o(a) mestrando(a) *Andréia Pimentel* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**Funções de afilamento para *Pinus caribaea* var. *hondurensis***", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em MANEJO FLORESTAL.

Dr. Pericles Silveira  
Universidade Positivo  
Primeiro examinador

Dr. Sebastião do Amaral Machado  
Universidade Federal do Paraná  
Segundo examinador

Dr. Henrique Soares Koehler  
Universidade Federal do Paraná  
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 02 de outubro de 2009.

Setsuo Iwakiri  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
João Carlos Garzel Leodoro da Silva  
Vice-coordenador do curso

Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - CAMPUS III - CEP 80210-170 - Curitiba - Paraná  
Tel: (41) 360-4212 - Fax: (41) 360-4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>



Aos meus pais

**“Dedico”**

## **BIOGRAFIA**

Andréia Pimentel, filha de Arthur Pimentel Netto e de Erondina Pimentel, nascida em Itararé – SP em 27 de agosto de 1985.

Em 2002, conclui o ensino médio no Colégio Athenas em Itararé - SP. Em 2003, ingressou no Curso de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO, graduando-se como Engenheira Florestal em dezembro de 2006, em fevereiro de 2007 ingressou no programa de pós-graduação da Universidade Federal do Paraná – UFPR na área de concentração Manejo Florestal. Participou durante o período de fevereiro de 2007 a outubro de 2008 de projetos de pesquisas junto ao Laboratório de Inventário Florestal (LIF).

Atualmente é Engenheira Florestal da área de planejamento da Klabin SC.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus...

Aos meus queridos pais (Erondina Pimentel e Arthur Pimentel Netto) que sempre me incentivaram, apoiaram, me ensinam os valores da vida e que permitiram que hoje eu esteja alcançando mais uma importante etapa da vida.

Ao meu namorado Vagner, sempre compreensível nas horas difíceis, agradeço pelo apoio incondicional, amor e companheirismo que sempre me ofereceu.

As minhas irmãs Adriana Pimentel e Alexandra Pimentel, pelo amor, carinho e cuidado que sempre tiveram comigo.

Ao orientador Henrique Soares Koehler, pela confiança depositada em mim, pelo apoio irrestrito, orientações e sugestões muito proveitosas.

Ao meu co-orientador Afonso Figueiredo Filho pelas sugestões que contribuíram muito para enriquecimento desse trabalho e ao co-orientador Carlos Roberto Sanquetta, agradeço especialmente pela convivência e confiança depositada. Expressos aqui também meus sinceros agradecimentos aos professores com os quais tive a oportunidade de ter aula e que muito contribuíram para meu crescimento profissional, agradeço especialmente aos professores Sebastião e Julio Arce.

Ao programa de pós-graduação da UFPR e aos funcionários.

Aos meus amigos de faculdade Jéssica, Gilvan, Fer, Daniela, Willan, Alexryus, Thiago, Vini, obrigada pela amizade.

A toda equipe do LIF, Lucila, Ana, Francelllo, Dirceu etc pela amizade e convivência.

As minhas queridas amigas Daniele Zilio, Rozane Eisfeld, Caciane Bastos, Karla Weber, Anabel e Lucila, agradeço a amizade, os bons conselhos e os divertidos momentos juntas.

Aos amigos de Itararé, Marcelo, Murilo, César, Maria Cristina e Alessandra pela amizade.

Aos gestores e amigos de trabalho da Klabin, Darlon, Totti, Érica, Sr. Aldezir, Emerson, Reinaldo e todos os outros.

Agradeço também a Denise e Eliane Fiorentini pelas boas idéias que contribuíram para a evolução do presente trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
	<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>x</b>
	<b>LISTA DE ANEXOS .....</b>	<b>xiii</b>
	<b>RESUMO .....</b>	<b>xix</b>
	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xx</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	2
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1	CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESPÉCIE .....	3
2.2	EXPRESSÕES DA FORMA DO FUSTE .....	4
2.3	FATORES QUE INFLUENCIAM A FORMA DO FUSTE.....	6
2.3.1	Idade.....	6
2.3.2	Sítio.....	7
2.3.3	Tratamento silvicultural .....	7
2.3.4	Herdabilidade.....	8
2.3.5	Posição sociológica .....	8
2.4	FUNÇÕES DE AFILAMENTO .....	9
2.5	EVOLUÇÃO DOS MODELOS PARA DESCREVER OS FUSTES DAS ÁRVORES.....	11
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	13
3.2	LEVANTAMENTO DOS DADOS E AMOSTRAGEM.....	14
3.3	AJUSTE DOS MODELOS .....	16
3.3.1	Polinômio do Quinto Grau.....	16
3.3.2	Polinômio de Potências Variáveis.....	18
3.3.3	Polinômio do Segundo Grau.....	20
3.4	CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO MELHOR MODELO .....	21
3.5	PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	24
3.6	VALIDAÇÃO DOS MODELOS.....	24
3.7	EVOLUÇÃO DO PERFIL POR IDADE .....	26



4	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	29
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS .....	29
4.2	AJUSTE DOS MODELOS .....	31
4.3	EXATIDÃO DOS MODELOS NA ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS.....	35
4.4	EXATIDÃO DOS MODELOS NA ESTIMATIVA DOS VOLUMES.....	44
4.5	VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES SELECIONADAS.....	50
4.6	EVOLUÇÃO DO PERFIL POR IDADE .....	52
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	56
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	58
	<b>ANEXOS</b> .....	62

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - LOCALIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E OCORRÊNCIA NATURAL DOS PINUS TROPICAIS.....	4
FIGURA 02 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA CIDADE DE PRATA, NO ESTADO DE MINAS GERAIS .....	12
FIGURA 03 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O POLINÔMIO DE 5º GRAU, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm.....	33
FIGURA 04 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O POLINÔMIO DE POTÊNCIAS INTEIRAS E FRACIONÁRIAS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO > 25,7 cm. ....	33
FIGURA 05 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O MODELO DE KOZAK et. al (1969) PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm.....	33
FIGURA 06 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELO MODELO DE POTÊNCIAS INTEIRAS E FRACIONÁRIAS AJUSTADO PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm .....	40
FIGURA 07 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELO POLINÔMIO DE 5º GRAU AJUSTADO PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm.....	40
FIGURA 08 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELO MODELO DE KOZAK et. al (1969) AJUSTADO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA >25,7 cm.....	41
FIGURA 09 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O POLINÔMIO DE POTÊNCIAS INTEIRAS E FRACIONÁRIAS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm .....	41
FIGURA 10 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O POLINÔMIO DE 5º GRAU PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm	42
FIGURA 11 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O MODELO KOZAK et al. PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7. ....	42
FIGURA 12 - GRÁFICO DA EVOLUÇÃO DO PERFIL DO FUSTE POR IDADE.....	50

FIGURA 13 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE... ..	50
---	----

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - NÚMERO DE ÁRVORES DE <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> CUBADAS EM CADA PROJETO FLORESTAL DA EMPRESA. ....	13
TABELA 02 - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES CUBADAS NAS DIFERENTES CLASSES DIAMÉTRICAS.....	14
TABELA 03 - DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES CUBADAS NAS DIFERENTES CLASSES DE IDADE. ....	15
TABELA 04 - ESTATÍSTICAS UTILIZADAS PARA AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO DAS ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS E VOLUMES COMERCIAIS DE <i>Pinus caribaea</i> var. <b><i>hondurensis</i></b> .....	22
TABELA 05 - NÚMERO DE ÁRVORES CUBADAS UTILIZADAS PARA VALIDAÇÃO NAS DIFERENTES CLASSES DE DIÂMETRO.....	24
TABELA 06 - NÚMERO DE ÁRVORES CUBADAS UTILIZADAS PARA VALIDAÇÃO NAS DIFERENTES CLASSES DE IDADE .....	25
TABELA 07 - ESTATÍSTICAS PARA A VARIÁVEL DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (cm) POR CLASSE DE DIÂMETRO, CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS .....	26
TABELA 08 - ESTATÍSTICAS PARA A VARIÁVEL ALTURA (m) POR CLASSE DE DIÂMETRO, CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.....	27
TABELA 09 - ESTATÍSTICAS PARA A VARIÁVEL VOLUME (m <sup>3</sup> ) POR CLASSE DE DIÂMETRO, CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.....	28
TABELA 10 - COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO POLINOMIAL DE 5º GRAU, AJUSTADOS POR CLASSE DE DIÂMETRO E PARA O TOTAL DOS DADOS .....	29
TABELA 11 - COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO POLINOMIAL DE POTÊNCIAS INTEIRAS E RACIONÁRIAS, AJUSTADOS POR CLASSE DE DIÂMETRO E PARA O TOTAL DOS DADOS .....	29
TABELA 12 - COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO DE Kozak et al (1969), AJUSTADOS POR CLASSE DE DIÂME-	

PARA O TOTAL DOS DADOS .....	30
TABELA 13 - COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO POLINOMIAL DE 5º GRAU, AJUSTADOS POR CLASSE DE IDADE E PARA O TOTAL DOS DADOS .....	30
TABELA 14 - COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO POLINOMIAL DE POTÊNCIAS INTEIRAS E FRACIONÁRIAS, AJUSTADOS POR CLASSE DE IDADE E PARA O TOTAL DOS DADOS .....	31
TABELA 15 - COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO POLINOMIAL DE Kozak et al (1969), AJUSTADOS POR CLASSE DE IDADE E PARA O TOTAL DOS DADOS .....	32
TABELA 16 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE POTÊNCIAS INTEIRAS E FRACIONÁRIAS PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm .....	35
TABELA 17 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE 5º GRAU PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm .....	36
TABELA 18 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE KOZAK et. al (1969) PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm .....	37
TABELA 19 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS DIFERENTES ALTURAS DO FUSTE PARA CADA CLASSE DE DIÂMETRO E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS E PORCENTAGEM DE QUANTAS VEZES A EQUAÇÃO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO NA ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS.....	38
TABELA 20 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS DIFERENTES ALTURAS DO FUSTE PARA CADA CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS E A PORCENTAGEM DE QUANTAS VEZES A EQUAÇÃO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO NA ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS.....	39
TABELA 21 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE POTÊNCIAS INTEIRAS E FRACIONÁRIAS PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm .....	43

TABELA 22 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE 5º GRAU PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm.....	44
TABELA 23 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE KOZAK et. al (1969) PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm .....	45
TABELA 24 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS DIFERENTES POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DE DIÂMETRO E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS E A PORCENTAGEM INDICANDO QUANTAS VEZES A EQUAÇÃO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO NA ESTIMATIVA DOS VOLUMES .....	46
TABELA 25 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS DIFERENTES POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS E A PORCENTAGEM INDICANDO QUANTAS VEZES A EQUAÇÃO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO NA ESTIMATIVA DOS VOLUMES .....	47
TABELA 26 - VALORES DE $\chi^2$ , FREQUÊNCIA, GRAUS DE LIBERDADE E ERRO PADRÃO AS ESTIMATIVAS EM PORCENTAGEM POR CLASSES DE DIÂMETRO E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS .....	48
TABELA 27 - VALORES DE $\chi^2$ , FREQUÊNCIA, GRAUS DE LIBERDADE E ERRO PADRÃO DAS ESTIMATIVAS EM PORCENTAGEM POR CLASSES DE IDADE .....	48
TABELA 28 - COEFICIENTES ESTIMADOS PARA O MODELO DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA.....	51

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 11,5 A 16,2 cm.....	56
ANEXO 02 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 16,2 A 18,5 cm.....	57
ANEXO 03 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 18,3 A 20,9 cm.....	58
ANEXO 04 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 20,9 A 23,3 cm.....	59
ANEXO 05 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 23,3 A 25,6 cm.....	60
ANEXO 06 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 8 ANOS.....	61
ANEXO 07 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 9 ANOS.....	62
ANEXO 08 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 10 ANOS.....	63
ANEXO 09 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 11 ANOS.....	64
ANEXO 10 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 12 ANOS.....	65
ANEXO 11 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 13 ANOS.....	66

ANEXO 12 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 14 ANOS.....	67
ANEXO 13 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 15 ANOS.....	68
ANEXO 14 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 16 ANOS.....	69
ANEXO 15 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 17 ANOS.....	70
ANEXO 16 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 18 ANOS.....	71
ANEXO 17 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS. ....	72
ANEXO 18 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 11,5 A 16,2 cm.....	73
ANEXO 19 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 16,2 A 18,5 cm.....	74
ANEXO 20 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 18,3 A 20,9 cm.....	75
ANEXO 21 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 20,9 A 23,3 cm.....	76
ANEXO 22 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 23,3 A 25,6 cm.....	77
ANEXO 23 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO	



DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 8 ANOS.....	78
ANEXO 24 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 9 ANOS.....	79
ANEXO 25 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 10 ANOS.....	80
ANEXO 26 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 11 ANOS.....	81
ANEXO 27 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 12 ANOS.....	82
ANEXO 28 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 13 ANOS.....	83
ANEXO 29 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 14 ANOS.....	84
ANEXO 30 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 15 ANOS.....	85
ANEXO 31 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 16 ANOS.....	86
ANEXO 32 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 17 ANOS.....	87
ANEXO 33 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 18 ANOS.....	88
ANEXO 34- ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.....	89
ANEXO 35 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA-	

ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 11,5 À 16,2 cm.....	90
ANEXO 36 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 16,2 À 18,5 cm.....	91
ANEXO 37 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 18,3 À 20,9 cm.....	92
ANEXO 38 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 20,9 À 23,3 cm.....	93
ANEXO 39 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 23,3 À 25,6 cm.....	94
ANEXO 40- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 8 ANOS.....	95
ANEXO 41- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 9 ANOS.....	96
ANEXO 42- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 10 ANOS.....	97
ANEXO 43- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 11 ANOS.....	98
ANEXO 44- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 12 ANOS.....	99
ANEXO 45- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 13 ANOS.....	100
ANEXO 46- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 14 ANOS.....	101
ANEXO 47- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 15 ANOS.....	102
ANEXO 48- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 16 ANOS.....	103
ANEXO 49- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 17 ANOS.....	104

ANEXO 50- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 18 ANOS.....	105
ANEXO 51 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUA- ÇÕES TESTADAS PARA PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS. ....	106
ANEXO 52 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 11,5 A 16,2 cm. ....	107
ANEXO 53 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 16,2 A 18,5 cm. ....	108
ANEXO 54 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 18,3 A 20,9 cm. ....	109
ANEXO 55 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 20,9 A 23,3 cm. ....	110
ANEXO 56 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 23,3 A 25,6 cm. ....	111
ANEXO 57 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 8 ANOS. ....	112
ANEXO 58 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 9 ANOS. ....	113
ANEXO 59 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 10 ANOS. ....	114
ANEXO 60 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 11 ANOS. ....	115
ANEXO 61 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 12 ANOS. ....	116
ANEXO 62 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 13 ANOS. ....	117

ANEXO 63 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 14 ANOS. ....	118
ANEXO 64 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 15 ANOS. ....	119
ANEXO 65 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 16 ANOS. ....	120
ANEXO 66 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 17 ANOS. ....	121
ANEXO 67- GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 18 ANOS .....	122
ANEXO 68 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS. ....	123
ANEXO 69 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 11,5 A 16,2 cm.....	124
ANEXO 70 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 11,6,2 A 18,5 cm.....	125
ANEXO 71 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 18,5 A 20,9 cm.....	126
ANEXO 72 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 20,9 A 23,3 cm.....	127
ANEXO 73 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 23,3 A 25,6 cm.....	128
ANEXO 74 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 8 ANOS.....	129
ANEXO 75 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 9 ANOS.....	130
ANEXO 76 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE	

PARA A CLASSE DE IDADE DE 10 ANOS.....	131
ANEXO 77 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 11 ANOS.....	132
ANEXO 78 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 12 ANOS.....	133
ANEXO 79 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 13 ANOS.....	134
ANEXO 80 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 14 ANOS.....	135
ANEXO 81 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 15 ANOS.....	136
ANEXO 82 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 16 ANOS.....	137
ANEXO 83 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 17 ANOS.....	138
ANEXO 84 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 18 ANOS.....	139
ANEXO 85 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.....	140

## RESUMO

Foi objetivo do presente avaliar a exatidão de três modelos polinomiais não segmentados para estimativa de diâmetros e volumes ao longo do fuste para a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em diferentes classes de diâmetro, diferentes idades e para o conjunto total dos dados. Também foi analisado se o melhor modelo para estimativa dos diâmetros ao longo do fuste é também o melhor para estimar os volumes. As melhores equações foram validadas pela aplicação do teste “Qui Quadrado” ( $\chi^2$ ). Os dados utilizados foram 442 árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, oriundos da região de Prata, Estado de Minas Gerais e cubadas pelo método de Hohenadl modificado. Os modelos polinomiais não segmentados testados foram o polinômio de potências inteiras e fracionárias de Hradetzky, o polinômio do quinto grau e o polinômio de Kozak. A exatidão dos modelos foi avaliada pela análise gráfica dos resíduos, pelo coeficiente de determinação corrigido ( $R^2$ ), pelo erro padrão da estimativa (Syx%) e pela análise gráfica dos perfis médios. Para complementar as análises foram utilizadas as estatísticas desvio médio em cada posição de medição ao longo do fuste (D), desvio padrão das diferenças (DP), soma dos quadrados dos resíduos relativos (SQRR) e resíduo percentual (RP). Com os resultados dessas estatísticas foi atribuída uma pontuação para as equações obtidas, visando determinar qual a mais acurada na estimativa de diâmetros e volumes ao longo do fuste. O polinômio de potências inteiras e fracionárias foi o melhor tanto para estimativas dos diâmetros como para estimativas dos volumes para cada altura relativa dos fustes em quase todas as classes de diâmetro, classes de idades e para o conjunto total dos dados. O polinômio de Kozak apresentou forte tendência tanto nas estimativas de diâmetro como nas de volume, principalmente para os menores diâmetros. O teste de  $\chi^2$  revelou que a equação que apresentou as melhores estimativas para diâmetros gerou também estimativas não tendenciosas dos volumes, podendo ser utilizada para os estratos testados.

Palavras-chave: Modelos polinomiais. Funções de afilamento. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Estimativas sortimento e volume.

## ABSTRACT

The accuracy of three non-segmented polynomial models for estimating diameters and volumes along the stem of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, at different diameter and age classes and for the whole set of data, were determined. Validation of the best fitted equation was done by the  $\chi^2$  test. Data from 442 trees, collected at Prata, Minas Gerais, Brazil were used. The non-segmented models tested were the integer and fractionary power polynomial function, the 5<sup>th</sup> degree polynomial equation and the Kozak's equation. The accuracy of the models were evaluated by residual graphical analysis, coefficient of determination, standard error of the estimate and graphical analysis of the average three stem. In order to complement the analysis the average deviation along the stem (D), standard deviation of differences (SD), relative residual sum of squares (RRSQ) and residual percentage (RP). Based on the results obtained each equation was classified according to its ability to estimate the diameters and volumes along the stem. The integer and fractionary power polynomial function was the best to estimate diameters and volumes along the stem, for almost all diameter and age classes. The Kozak polynomial showed strong bias for estimating diameters and volumes, mainly at the small diameters. The  $\chi^2$  test indicated that the best fitted equation can be used for estimating diameters and volumes along the stem for the studied stratum.

Key-words: Polynomial models. Taper function. *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Diameter and volume estimation.

## 1 INTRODUÇÃO

O planejamento e a otimização das atividades de colheita de florestas plantadas são influenciados pela exatidão das estimativas volumétricas para uma determinada área. Dentre os vários métodos para gerar estimativas confiáveis encontram-se as funções de afilamento, representadas por modelos matemáticos, que expressam o perfil da árvore e possibilitam a estimativa do volume ou do diâmetro para qualquer altura ao longo do fuste.

Os estudos da exatidão das estimativas obtidas apontam esses modelos como ferramentas essenciais para maximizar a obtenção de produtos florestais de alto valor agregado em florestas produtivas. No Brasil, especialmente em povoamentos de *Pinus* spp., onde o destino final do produto são processos como serraria e laminação, essa ferramenta assume grande importância. Dessa forma os estudos para o desenvolvimento de funções de afilamento são muito relevantes, pois permitem definir os diferentes produtos possíveis de serem obtidos a partir de um mesmo tronco para o processamento industrial, aumentando consequentemente seu aproveitamento.

Nesse sentido a aplicação dessas funções se torna um poderoso instrumento para avaliar biológica e economicamente o maciço florestal bem como as respostas às práticas de manejo executadas. Além disso, permite também valorar de maneira detalhada o povoamento florestal.

Entretanto, pela complexidade dos modelos matemáticos utilizados nessas funções, o seu uso, em escala comercial, está condicionado à existência de softwares que tornem rápido o processamento do inventário florestal, com o objetivo de estimar os múltiplos produtos da madeira. Tal dificuldade retardou por um longo período ou até mesmo inviabilizou o uso dessa ferramenta em empresas florestais de médio e pequeno porte.



Com a crescente valorização dos produtos madeireiros provindos dos gêneros *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp., torna-se de fundamental importância que os biometristas aperfeiçoem continuamente a modelagem visando otimizar a obtenção dos diversos produtos obtidos a partir dessas espécies, paralelo a isso importantes estudos têm sido desenvolvidos. No entanto, existem no Brasil poucos estudos referentes ao uso de funções de afilamento, considerando a grande diversidade de espécies plantadas, a variabilidade das condições do meio e especialmente pela peculiaridade de cada função, pois cada modelo descreve melhor a forma de uma determinada espécie crescendo em determinado local e sob determinadas condições ambientais.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

Foi objetivo do presente ajustar modelos polinomiais que descrevam o perfil do fuste de árvores de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, para o conjunto total dos dados, por idade e por classe de diâmetro.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade do ajuste dos modelos polinomiais na estimativa dos diâmetros e volumes ao longo do fuste das árvores;
- Verificar a qualidade dos ajustes para o conjunto total dos dados, por classe de diâmetro e por classe de idade;
- Validar as equações ajustadas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ESPÉCIE

Uma das principais razões para a introdução do *Pinus* no Brasil foi a necessidade da produção de madeira para abastecimento industrial, processamento mecânico, produção de madeira serrada, madeira laminada, confecção de painéis ou produção de celulose e papel. As características exigidas para suprimento desta matéria-prima, nos diferentes segmentos setoriais de demanda, são plenamente atendidas pelas diferentes espécies introduzidas, aliadas as adequadas praticas silviculturais.

Shimizu (2005), afirma que os *Pinus* tropicais quando em condições favoráveis tem rápido crescimento e apresentam alta frequência de árvores com forma anormal, denominado “fox-tail”. O autor ainda afirma que as espécies de *Pinus* tropicais apresentam um rápido crescimento e produzem madeiras resinosas para processamento mecânico.

Após estudos morfológicos e ecológicos da forma típica do *Pinus caribaea*, Barrett & Golfari (1962) definiram a classificação sistemática dos chamados “*Pinus* do Caribe”. A espécie é sub-dividida em: *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* (típica), *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. Na Figura 1 são indicadas as regiões de ocorrência dos *Pinus* tropicais.

Segundo Kronka et al.(2005) *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nas suas regiões de origem são encontrados em numerosos maciços, de forma descontínua e bastante fragmentada, localizadas entre 18° e 12° de latitude Norte, na Guatemala, Honduras e Nicarágua. Ocorre desde o nível do mar até regiões com altitudes de 850m. Existem grandes variações climáticas dentro desta área de ocorrência, a saber:

- Região litorânea com clima tropical (temperatura média anual de 24°C a 27,2° C), chuvas abundantes (até 3.500 mm anuais), com curto período de seca;
- Região do interior, com clima subtropical, de temperatura média anual entre 20° e 24° C e chuvas escassas, desde 950 mm e longo período seco (seis meses).

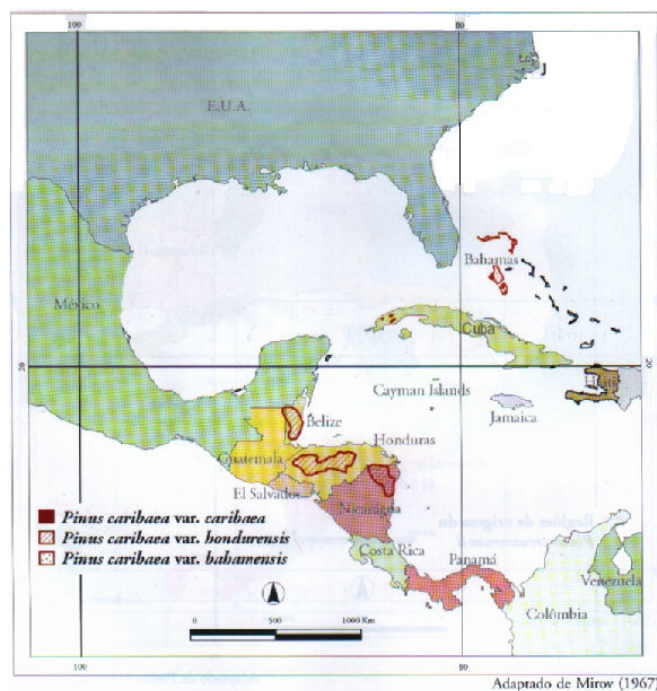


FIGURA 01 – LOCALIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E OCORRÊNCIA NATURAL DOS PINUS TROPICAIS.

Dentre os Pinus tropicais, é o mais plantado no Brasil em decorrência da facilidade de obtenção das sementes. Segundo Schimizu, (2005), a variedade é destinada à produção de madeira para processamento mecânico.

## 2.2 EXPRESSÕES DA FORMA DO FUSTE

A forma do fuste das árvores pode ser considerada tanto como um conceito dendrométrico ou como um conceito biológico, dependendo se deseja salientar a

produção da árvore, em termos de um produto, ou o desenvolvimento da árvore em termos de um sistema vivente (LARSON, 1963).

Para Husch et al. (1982), a forma do fuste da árvore é a sua configuração externa, que a rigor não se identifica com a forma de um único sólido geométrico, mas sim com vários, segundo a porção do tronco considerada. Por possuírem uma geometria particular, as árvores, de maneira geral, têm em sua base a aparência de um neilóide, passando a se assemelhar a um parabolóide na sua porção mediana, assumindo a forma de cone na sua extremidade superior. Esta particularidade geométrica constitui-se num fator negativo por ocasião do ajuste de modelos que representem o perfil da árvore (HUSCH et al. 1982). Os pontos de transição ou limites desses sólidos são de difícil determinação nos fustes, sendo, contudo de pouca importância prática, mas desempenham um grande valor teórico na definição de expressões matemáticas que descrevem a forma do fuste.

Husch et al. (1982), afirmam que a forma do fuste pode ser associada ao termo afilamento, que representa a diminuição do diâmetro com o aumento da altura. Como tal pode ser expressa por uma função matemática que descreva a tendência dessa variação.

Segundo Assman (1970) e Larson (1963), vários estudos foram desenvolvidos na procura de explicar a forma funcional das árvores e, nesse contexto, várias teorias foram propostas. Do ponto de vista biológico, várias hipóteses foram propostas para explicar a forma dos fustes, tais como: a Teoria Nutricional, a Teoria da Condução de Água, a Teoria Mecanística e a Teoria Hormonal. Essas teorias contribuíram na tentativa de explicar a forma do fuste das árvores, porém nenhuma delas trouxe uma solução definitiva, pois essas hipóteses consideraram somente uma das funções biológicas.

As variáveis que afetam a forma do fuste das árvores, por outro lado, são de grande importância para a silvicultura e o manejo, e têm sido estudadas por vários autores (LARSON, 1963). No intuito de descrever e discutir detalhadamente os aspectos relacionados a forma dos troncos, desde as teorias propostas como também os fatores que podem determinar alterações no fuste das árvores quanto a forma, elaborou uma revisão bibliográfica a este respeito. Estes temas são na sua maior parte de grande importância para a silvicultura e o manejo. O autor refere-se a

vários estudos, relacionados a densidade, ao sítio, tratamentos silviculturais, posição sociológica, hereditariedade e efeito de pragas e doenças com o desenvolvimento da forma do fuste.

## 2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM A FORMA DO FUSTE

Segundo Figueiredo Filho (1991), é de grande importância que as áreas de silvicultura e manejo tenham o conhecimento a cerca dos fatores que afetam a forma das árvores. Para PRODAN et al. (1997), a maioria dos fatores que afetam a forma do fuste estão estreitamente ligados ao comprimento da copa, dentre os quais destacam-se a herdabilidade, idade, sítio, posição sociológica e tratamentos silviculturais. O autor conclui que as características genéticas de uma árvore determinam sua maneira de crescer, mas o ambiente altera essa tendência de crescimento no decorrer do ciclo de vida da árvore.

### 2.3.1 Idade

Larson (1963), afirma que no decorrer da idade, processam-se mudanças na forma dos troncos, que tendem a tornarem-se mais cilíndricos. A própria relação do fator de forma natural com a idade, mostra que a melhora da forma nas idades jovens é bastante rápida, estabilizando-se com o avanço da idade (PIENNAR, 1965).

Nas idades jovens a mudança da forma é bastante rápida, enquanto que nas idades avançadas a forma das árvores muda lentamente tendendo a estabilizar. A taxa de mudança de forma da árvore devido à idade pode variar entre as diferentes classes de copas ou posições sociológicas dentro do mesmo povoamento (QUEIROZ, 2006).

Burguer et al. (1980) mostra em um trabalho de pesquisa com povoamento de *Araucaria angustifolia*, que a forma dessas árvores torna-se cada vez mais cilíndrica com o aumento da idade. Com isso, tal afirmativa pode ser facilmente constatada pelo fato dos quocientes de forma da base de árvores permanecerem

relativamente constantes com o aumento da idade, enquanto os quocientes de forma para as partes mais superiores das árvores continuam em franco crescimento com o aumento da idade. Os autores concluíram que a forma das árvores dominantes de *Araucaria angustifolia* em plantações torna-se cada vez mais homogênea à medida que aumenta a idade.

### 2.3.2 Sítio

Em sítios de alta capacidade produtiva, as árvores geralmente têm maior conicidade ou formas indesejáveis. Nesses sítios o crescimento em altura para árvores de mesmo diâmetro é maior, e como consequência o fuste é mais afilado (FIGUEIREDO FILHO, 1991). O autor ainda afirma que em sítios de menor produtividade o crescimento em diâmetro é uniformemente distribuído por todo o fuste.

De acordo com GUTTENBERG (1915), SCHIMIED (1918, 1919) e TISCHENDORF (1925) citados por LARSON (1963), em sítios bons o crescimento dos troncos das árvores é concentrado na parte superior ao início da copa e inferior do tronco, considerando que em sítios pobres o crescimento do tronco tende a ser distribuído mais homogeneamente ao longo do fuste.

### 2.3.3 Tratamento Silvicultural

Tratamentos silviculturais, como o desbaste e a poda, têm efeitos importantes na forma dos troncos. Normalmente os desbastes são aplicados para

dar melhores condições de crescimento às árvores remanescentes, podendo resultar em mudanças na forma do fuste, se o desbaste for intensivo (FIGUEIREDO FILHO, 1991).

Segundo Forward e Nolan (1961) citados por Larson (1963), algumas dessas mudanças são imediatas e algumas são desprezíveis e com pouca consequência econômica. As mudanças verificadas são, no entanto, prontamente detectadas na análise de tronco e de grande significância para a compreensão do desenvolvimento do fuste.

Figueiredo Filho (1991) afirma que a poda tem efeito oposto ao desbaste. Seu objetivo é obter toras livres de nós, diminuindo o comprimento da copa e com isso tendendo a resultar troncos mais cilíndricos, evidenciando assim, a importância da copa na forma do fuste.

#### 2.3.4 Herdabilidade

Figueiredo Filho (1991), afirma que muito embora as características genéticas de uma árvore determinem sua maneira de crescer, o ambiente a modifica no decorrer do tempo. Oksbjerg (1959), concluiu que o ambiente pode ser mais importante do que a herdabilidade devido a uma comparação de árvores pioneiras (primeiras invasoras) com árvores de mesma origem de sementes, mas estabelecidas em grupo. Constatou nas árvores pioneiras uma pior forma do fuste do que nas estabelecidas em grupo. O fato de que a forma do tronco está atribuída a copa da árvore tem causado opiniões diferentes entre alguns autores a respeito do papel relativo do ambiente e da herdabilidade.

#### 2.3.5 Posição Sociológica

Árvores com maior copa tendem a apresentar maior conicidade que as árvores dominadas (de menor copa). Em geral árvores dominantes têm pior forma e

com decréscimo da classe de copa há uma melhoria na forma das árvores. Este fato é explicado pelo menor crescimento relativo (nas árvores dominantes) da altura em relação ao diâmetro (SCOLFORO e FIGUEIREDO FILHO, 1998).

Queiroz (2006), afirma que as árvores supressas são consideradas um caso especial, pois não apresentam um padrão no crescimento, mas tendem a apresentar um tronco mais cilíndrico. De acordo com Metzger (1893), isto se deve a uma redução do incremento para baixo extremamente forte e conseqüentemente uma concentração do crescimento na parte superior do tronco.

## 2.4 FUNÇÕES DE AFILAMENTO

Funções de afilamento, funções de taper, funções de adelgaçamento, modelos de perfil ou funções de forma são modelos matemáticos que se prestam para expressar a linha externa do fuste de árvores, o perfil do fuste em toda sua extensão ou apenas para um segmento. É a descrição matemática do perfil longitudinal de um tronco e uma maneira de descrever seu perfil.

Ahrens e Holbert (1981), definem a função de afilamento como uma descrição matemática do perfil longitudinal de um tronco. Assumindo que a seção transversal seja circular em qualquer ponto ao longo do tronco, seu volume pode ser obtido por integração da função de afilamento e, em termos geométricos, o tronco é tratado como um sólido de revolução. Uma vez definido o modelo matemático para o afilamento, pode-se determinar o volume entre quaisquer pontos ao longo do tronco.

Ferreira 2004, define afilamento como a taxa de decréscimo em diâmetro exibida ao longo dos troncos das árvores. É, portanto, a principal causa da variação da forma e do volume das mesmas, causando dificuldades em se determinar o volume comercial dos fustes.

Os modelos de "taper" foram desenvolvidos para serem aplicados em florestas plantadas puras e florestas naturais mistas, em países de clima temperado. Sua aplicação implica na determinação dos volumes comercial e total, da altura



comercial e do diâmetro superior (KOZAK et al., 1969; DEMAERSCHALK, 1972; GOULDING & MURRAY, 1976; BURKHART, 1977; BIGING, 1984).

No Brasil, o uso dos modelos de "taper", em sua maioria, está relacionado a florestas equiâneas puras, com espécies de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. (Campos e Ribeiro, 1982; Guimarães e Leite, 1992; Schneider et al., 1996). Estudo feito por GARCIA et al. (1993) com *Didymopanax morototonii* (morototó), indica sua utilização com espécie nativa.

Eisfeld et al. (2004), afirma que dentre as diversas técnicas estatísticas de modelagem empregadas para descrição do perfil de troncos, destacam-se os modelos polinomiais não-segmentados que consegue aliar eficiência a certa simplicidade de aplicação, quando comparados com os polinômios segmentados. Tais modelos têm sido estudados e algumas vezes apresentam deficiências na representação da base dos fustes o que pode comprometer as estimativas volumétricas.

Nesse contexto importantes estudos envolvendo modelos polinomiais têm sido desenvolvidos no Brasil, destacando-se os trabalhos de AHRENS e HOLBERT (1981); BORGES (1982), SILVA (1982); LIMA (1986), MCTAGUE, BATISTA e STEINER (1989); KIRCHNER, FIGUEIREDO FILHO, SCOLFORO et al. (1989); LEITE, GUIMARÃES e CAMPOS (1995); FISCHER (1997), RIOS (1997), SCOLFORO, RIOS, OLIVEIRA et al. (1998), ASSIS (1998), FERREIRA (1999), ASSIS (2000) e QUEIROZ (2006). No entanto, dentre os estudos existentes, poucos abordam as estimativas volumétricas, uma vez que quando um modelo que estima diâmetros satisfatoriamente isso não significa que as estimativas de volumes serão satisfatórias. Diante disso os estudos que envolvem funções de afilamento são muito relevantes, pois visam definir melhor os multiprodutos de um mesmo tronco para o processamento industrial, aumentando conseqüentemente seu aproveitamento.

Ferreira (2004), estudando modelos polinomiais destaca os modelos polinomiais desenvolvidos por HRADETZKY (1976) e GOULDING e MURRAY (1976), também conhecidos como polinômio compatível com a equação de volume. Destaca também os modelos desenvolvidos por KOZAK et al. (1969) e SCHÖEPFER (1966), são conhecidos como Polinômio do Quinto Grau.

O polinômio de potências variáveis desenvolvido por Hradetzky (1976), aponta como sugestão a construção de um modelo polinomial pelo método *stepwise*, com expoentes variando de 0,005 a 25. O autor que uma boa representação do fuste por meio de polinômios exige uma combinação apropriada de potências e que as mesmas sejam escolhidas por meio do método de ajuste de seleção de variáveis chamado *stepwise*.

Quanto à questão dos expoentes selecionados pelo método *stepwise*, Assis (2000), com intuito melhorar aos ajustes, incluiu um série de outros expoentes além dos comumente testados. O autor concluiu que expoentes maiores e menores foram selecionados pelo método e trouxeram melhoras significativas para no ajuste.

Rios (1997), avaliou o desempenho de modelos polinomiais, de modelos de razões de volume e da função "spline" cúbica para estimar volumes comerciais com casca por classe diamétrica, de três diâmetros mínimos pré-estabelecidos para *Pinus elliottii*. O autor observou que os modelos polinomiais proporcionaram estimativas mais acuradas na descrição dos perfis das árvores, destacando-se o polinômio de 5º grau e o polinômio de potências variáveis. Os modelos envolvendo as razões de volume ficaram em segundo lugar e a função "spline" cúbica em terceiro. O autor sugeriu que as funções de afilamento sejam ajustadas por classe diamétrica, uma vez que possibilitará melhores resultados do que a utilização de uma única equação.

## 2.5 EVOLUÇÃO DOS MODELOS PARA DESCREVER OS FUSTES DAS ÁRVORES

Segundo FRIEDL (1989), os trabalhos científicos até então, sobre a forma do tronco de árvores, estavam relacionados aos seguintes tópicos:

- a) Com a formulação matemática/estatística da função de afilamento;
- b) Com as possíveis aplicações de curvas de afilamento, o qual é apontado como um assunto para futuras pesquisas;

c) Com a explanação das formas dos troncos descritas pelas curvas de afilamento.

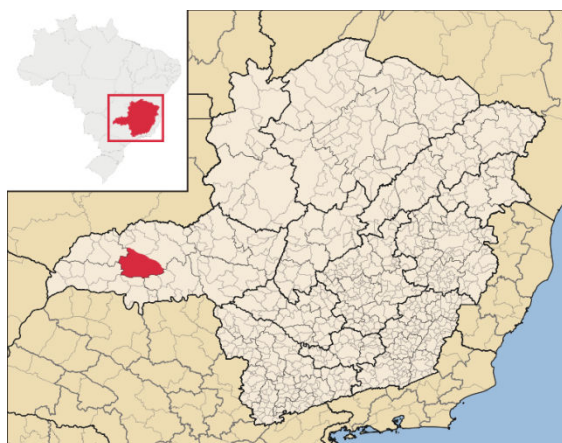
Este mesmo autor comentou que, alguns trabalhos examinaram as diferenças nas formas dos troncos, devido às diferenças de sítio, as relações entre o formato da curva de forma e a posição sociológica dos fustes e as suas copas no povoamento e as relações entre as curvas de forma e os tratamentos silviculturais (fertilização, desbastes e poda).

LARSON (1963), no intuito de descrever e discutir detalhadamente os aspectos relacionados à forma dos troncos, desde as teorias propostas como também os fatores que podem determinar alterações nos fustes das árvores quanto à forma, 28 elaborou uma extensa e minuciosa revisão bibliográfica a este respeito. Estes temas são na sua maior parte de grande importância para a silvicultura e o manejo. Entre os tópicos abordados a maioria deles estão estreitamente ligados ao comprimento da copa, dentre os quais destacam-se: herdabilidade, idade, capacidade produtiva do local (sítio), posição sociológica e tratamentos silviculturais.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área em estudo se localiza na cidade de Prata, estado de Minas Gerais (Figura 2), entre os paralelos 19°18'27" de latitude sul e longitude 48°55'22" oeste, com altitude média de 631 metros.



FONTE: Adaptado IBGE (2008)

FIGURA 02 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA CIDADE DE PRATA, NO ESTADO DE MINAS GERAIS.

A área total é de 8.987,56 hectares, e aproximadamente 54% dessa área está ocupada por plantios de *Pinus caribaea* var *hondurensis*. O restante da área é de Preservação Permanente e Reserva Florestal Legal.

Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo tropical semi-úmido, com chuvas no verão e seca no inverno. Apresenta temperatura média anual de 24° C, com precipitação média anual de 1.500 mm.

A vegetação original é predominante de cerrado, apresentando trechos de floresta tropical no vale dos principais rios. O relevo é Planalto Sedimentar Medianamente Dissecado na maior parte, com relevos residuais a oeste e planície fluvial a leste.

### 3.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS E AMOSTRAGEM

Foram cubadas rigorosamente 442 árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em todo o plantio florestal da empresa, abrangendo os 20 projetos florestais que a mesma possui (Tabela 1). Com o objetivo de avaliar as melhores equações ajustadas, os dados foram estratificados por idade e por classe de diâmetro. Também foram realizados ajustes para o conjunto total dos dados para efeitos de comparação.

TABELA 01 – NÚMERO DE ÁRVORES DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis* CUBADAS EM CADA PROJETO FLORESTAL DA EMPRESA.

PROJETO	IDADE	Nº ÁRVORES
Jussara de Minas II	8	40
Buriti dos Bois II	9	12
Jussara de Minas I	9	27
Buriti dos Bois I	10	20
Vale	10	35
Vertente Grande III	10	3
Vertente Grande II	11	49
Buriti do Prata II	12	35
Salto e Ponte III	12	19
Vertente Grande I	12	9
Salto e Ponte II	13	32
Samambaia III	14	9
Samambaia IV	14	9
Cocal	15	32
Douradinho II	16	21
Samambaia I I	16	10
Buriti do Prata I	17	21
Douradinho I	17	6
Samambaia I	18	6
Salto e Ponte I	18	47
<b>Total</b>		<b>442</b>

Dentre as 442 árvores rigorosamente cubadas foram separadas 42 árvores, que representam 9,5% do total, para fins de validação das equações ajustadas. O critério de escolha dessas árvores foi o de se separar uma quantidade proporcional em cada classe de diâmetro, escolhendo árvores pequenas, médias e grossas de cada classe.

A cubagem de todos os indivíduos foi feita pelo método relativo, tomando-se medidas relativas aos diâmetros a 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 10%, 15%, 25%, 35%, 45%, 50%, 55%, 65%, 75%, 85% e 95% da altura total do fuste, não considerando a altura do toco.

As 400 árvores utilizadas para o ajuste foram distribuídas em seis classes de diâmetro e 11 classes de idades, variando de 8 a 18 anos com um número mínimo de 31 árvores na classe de diâmetro maior que 25,6 cm e 16 árvores na classe de idade de 14 anos (Tabelas 2 e 3).

**TABELA 02 – DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES CUBADAS NAS DIFERENTES CLASSES DIAMÉTRICAS.**

<b>CLASSES</b>	<b>AMPLITUDE DE CLASSE (CM)</b>	<b>NÚMERO DE ÁRVORES</b>
1	11,5 - 16,2	85
2	16,2 - 18,5	118
3	18,3 - 20,9	75
4	20,9 - 23,3	60
5	23,3 - 25,6	31
6	> 25,6	31
<b>TOTAL</b>		<b>400</b>

**TABELA 03 – DISTRIBUIÇÃO DAS ÁRVORES CUBADAS NAS DIFERENTES CLASSES DE IDADE.**

<b>CLASSES</b>	<b>IDADE (ANOS)</b>	<b>NÚMERO DE ÁRVORES</b>
1	8	36
2	9	36
3	10	51
4	11	48
5	12	57
6	13	28
7	14	16
8	15	28
9	16	29
10	17	23
11	18	48

<b>TOTAL</b>	<b>400</b>
--------------	------------

Os ajustes dos modelos foram feitos considerando o DAP (diâmetro a 1,30 m do solo) com casca, relacionando Aos diâmetros comerciais com casca e as alturas relativas tomadas a 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 10%, 15%, 25%, 35%, 45%, 50%, 55%, 65%, 75%, 85% e 95% da altura total.

### 3.3 AJUSTE DOS MODELOS

Nos ajustes foram considerados os diâmetros a 1,3 m do solo (dap) com casca, relacionados aos diâmetros comerciais também com casca. Foram realizados ajustes para cada classe de diâmetro, para cada classe de idade e para o conjunto total dos dados. Os modelos testados foram polinômios de quinto grau, polinômios de potências variáveis (Hradetzky, 1976) e polinômios de segundo grau (Kozak et al., 1969).

#### 3.3.1 Polinômio do Quinto Grau

A forma desse polinômio foi proposta primeiramente por Scöepfer (1966) e assume a seguinte forma:

$$\frac{d_i}{dap} = \beta_0 + \beta_1 \left( \frac{h_i}{ht} \right) + \beta_2 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^2 + \beta_3 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^3 + \beta_4 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^4 + \beta_5 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^5 + \varepsilon_i \quad (2)$$

onde:

$d_i$  = diâmetro correspondente a qualquer altura da árvore (cm);

$ht$  = altura total (m);

$h_i$  = altura comercial (m);

$\beta_i$  = coeficientes a serem estimados;

$\varepsilon_i$  = erro de estimativa.

Isolando-se  $d_i$  na equação (2) obtém-se uma função de afilamento. Por meio desta função é possível se estimar o diâmetro correspondente a qualquer altura na árvore, desde que fornecido o seu DAP e altura total. Desta forma a equação passa a ter a seguinte forma:

$$d_i = dap \times \left[ \beta_0 + \beta_1 \left( \frac{h_i}{ht} \right) + \beta_2 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^2 + \beta_3 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^3 + \beta_4 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^4 + \beta_5 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^5 + \varepsilon_i \right] \quad (3)$$

A obtenção das estimativas de volume é feita integrando-se a função (3). Simplificando-se a equação (3) por meio do artifício:

$$c_0 = \beta_0 \quad ; \quad c_1 = \frac{\beta_1}{ht} \quad ; \dots ; c_5 = \frac{\beta_5}{ht} \quad (4)$$

a equação a ser integrada assume a seguinte forma:

$$d_i = dap \times \left[ c_0 + c_1 ht + c_2 ht^2 + c_3 ht^3 + c_4 ht^4 + c_5 ht^5 \right] \quad (5)$$

Para se obter o volume de um sólido de revolução é preciso integrar suas áreas seccionais ( $g_i$ ), entre o limite inferior ( $h_1$ ) e o limite superior ( $h_2$ ) que se deseja. A integral da função (5) apresenta então a seguinte forma:

$$\begin{aligned} v = \frac{\pi}{40.000} \times dap^2 \times & \left[ c_0^2 h_i + c_0 c_1 h_i^2 + \left( \frac{2}{3} c_0 c_2 + \frac{1}{3} c_1^2 \right) h_i^3 + \left( \frac{1}{2} c_0 c_3 + \frac{1}{2} c_1 c_2 \right) h_i^4 + \right. \\ & \left( \frac{2}{5} c_0 c_4 + \frac{2}{5} c_1 c_3 + \frac{1}{5} c_2^2 \right) h_i^5 + \left( \frac{1}{3} c_0 c_5 + \frac{1}{3} c_1 c_4 + \frac{1}{3} c_2 c_3 \right) h_i^6 + \\ & \left. \left( \frac{2}{7} c_1 c_5 + \frac{2}{7} c_2 c_4 + \frac{1}{7} c_3^2 \right) h_i^7 + \left( \frac{1}{4} c_2 c_5 + \frac{1}{4} c_3 c_4 \right) h_i^8 + \left( \frac{2}{9} c_3 c_5 + \frac{1}{9} c_4^2 \right) h_i^9 + \right] \end{aligned}$$



$$\frac{1}{5}c_4c_5h_i^{10} + \frac{1}{11}c_5^2h_i^{11} \Big|_{h_1}^{h_2} \quad (6)$$

### 3.3.2 Polinômio de Potências Variáveis

O método utilizado para o ajuste desse modelo foi “stepwise”. Esse modelo se diferencia do polinômio de 5º grau por apresentar potências variáveis, que são escolhidas dentre todas as variáveis com o objetivo de melhor representar o perfil do fuste.

A forma geral desse polinômio é:

$$\frac{d_i}{dap} = \beta_0 + \beta_1 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^{p_1} + \beta_2 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^{p_2} + \dots + \beta_n \left( \frac{h_i}{ht} \right)^{p_n} + \varepsilon_i \quad (7)$$

onde:

$d_i$  = diâmetro correspondente a qualquer altura da árvore;

$ht$  = altura total (m);

$h_i$  = altura comercial (m);

$\beta_i$  = coeficientes a serem estimados;

$\varepsilon_i$  = erro de estimativa;

$p_i$  = potências variando entre 0,005 e 25.

Os expoentes testados foram: 0,005; 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03; 0,02; 0,01; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5; 0,4; 0,3; 0,2; 0,1; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 15; 20 e 25. Isolando-se  $d_i$  na função (7), obtém-se a função de afilamento (8):

$$d_i = \text{dap} \left[ \beta_0 + \beta_1 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^{p_1} + \beta_2 \left( \frac{h_i}{ht} \right)^{p_2} + \dots + \beta_n \left( \frac{h_i}{ht} \right)^{p_n} + \varepsilon_i \right] \quad (8)$$

Para integrar a função (8) e obter-se a expressão que permite a estimativa dos volumes, a mesma simplificação feita para o polinômio de 5º grau foi realizada. Dessa forma, substituindo-se em (8):

$$c_0 = \beta_0 \quad ; \quad c_1 = \frac{\beta_1}{ht} \quad ; \dots ; c_5 = \frac{\beta_5}{ht^{p_5}} \quad (9)$$

onde:

$$i = 1, 2, 3, \dots, n;$$

$p_j$  = expoentes selecionados pelo método "stepwise";

a função obtida é:

$$d_i = \text{dap} \left( c_0 + c_1 h_1^{p_1} + c_2 h_2^{p_2} + \dots + c_n h_n^{p_n} \right) + \varepsilon_i \quad (10)$$

Feita a simplificação a equação a ser integrada assume a seguinte forma:

$$d_i = \text{dap} \times \left[ c_0 + c_1 ht + c_2 ht^2 + c_3 ht^3 + c_4 ht^4 + c_5 ht^5 \right] \quad (11)$$

Para se obter o volume de um sólido de revolução é preciso integrar suas áreas seccionais ( $g_i$ ), entre o limite inferior ( $h_1$ ) e o limite superior ( $h_2$ ) que se deseja. A integral da função (11) apresenta então a seguinte forma:

$$\begin{aligned}
v = \frac{\pi}{40.000} \times \text{dap}^2 \times & \left| c_0^2 h_i + 2c_0 c_1 \left( \frac{h_i \binom{p_1+1}{p_1+1}}{p_1+1} \right) + 2c_0 c_2 \left( \frac{h_i \binom{p_2+1}{p_2+1}}{p_2+1} \right) + \dots + \right. \\
& 2c_0 c_{n-1} \left( \frac{h_i \binom{p_{n-1}+1}{p_{n-1}+1}}{p_{n-1}+1} \right) + 2c_0 c_n \left( \frac{h_i \binom{p_n+1}{p_n+1}}{p_n+1} \right) + c_1^2 \left( \frac{h_i \binom{2p_1+1}{2p_1+1}}{2p_1+1} \right) + 2c_1 c_2 \left( \frac{h_i \binom{p_1+p_2+1}{p_1+p_2+1}}{p_1+p_2+1} \right) + \\
& \dots + c_1 c_{n-1} \left( \frac{h_i \binom{p_1+p_{n-1}+1}{p_1+p_{n-1}+1}}{p_1+p_{n-1}+1} \right) + 2c_1 c_n \left( \frac{h_i \binom{p_1+p_n+1}{p_1+p_n+1}}{p_1+p_n+1} \right) + c_2^2 \left( \frac{h_i \binom{2p_2+1}{2p_2+1}}{2p_2+1} \right) + \dots + \\
& 2c_2 c_{n-1} \left( \frac{h_i \binom{p_2+p_{n-1}+1}{p_2+p_{n-1}+1}}{p_2+p_{n-1}+1} \right) + 2c_2 c_n \left( \frac{h_i \binom{p_2+p_n+1}{p_2+p_n+1}}{p_2+p_n+1} \right) + \dots c_{n-1}^2 \left( \frac{h_i \binom{2p_{n-1}+1}{2p_{n-1}+1}}{2p_{n-1}+1} \right) + \dots + \\
& \left. 2c_{n-1} c_n \left( \frac{h_i \binom{p_{n-1}+p_n+1}{p_{n-1}+p_n+1}}{p_{n-1}+p_n+1} \right) + 2c_n^2 \left( \frac{h_i \binom{2p_n+1}{2p_n+1}}{2p_n+1} \right) \right|_{h_1}^{h_2} \quad (12)
\end{aligned}$$

### 3.3.3 Polinômio do Segundo Grau (Kozak et al. 1969)

O modelo geral do polinômio do segundo possui a seguinte forma:

$$d_i = dap \times \sqrt{B_0 + B_1 \left( \frac{h_i}{h} \right) + B_2 \left( \frac{h_i}{h} \right)^2} + ei$$

onde:

$d_i$  = diâmetro correspondente a qualquer altura da árvore;

$ht$  = altura total (m);

$h_i$  = altura comercial (m);

$\beta_i$  = coeficientes a serem estimados;

$\varepsilon_i$  = erro de estimativa.

Isolando-se  $d_i$ , obtém-se a função de afilamento:

$$d_i = dap \times \sqrt{\beta_0 + \beta_1 \left( \frac{h_i}{h} \right) + \beta_2 \left( \frac{h_i}{h} \right)^2} + \varepsilon_i \quad (14)$$

Para se obter o volume basta integrar a função (14) obtendo:

$$v = \frac{\pi}{40000} \times dap \times \left[ \left( \beta_0 (h_2 - h_1) \right) + \left( \beta_1 \left( \frac{h_2^2 - h_1^2}{2h} \right) \right) + \left( \beta_2 \left( \frac{h_2^3 - h_1^3}{3h^2} \right) \right) \right] \quad (15)$$

### 3.4 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO MELHOR MODELO

A fim de se escolher qual a melhor equação ajustada para estimar o diâmetro ao longo do fuste e o volume por sortimento foram utilizados três critérios de verificação da qualidade dos ajustes. As estatísticas utilizadas foi o coeficiente de

determinação ajustado ( $R^2$  ajustado), o erro padrão da estimativa em percentagem ( $s_{xy}\%$ ), e a análise gráfica dos resíduos. Essas estatísticas indicam o quanto da variação ocorrida na variável dependente pode ser explicado pelas variáveis independentes ( $R^2$  ajustado), o quanto em média os valores observados variam em relação aos valores estimados ( $s_{xy}\%$ ) e como se comporta a dispersão dos pontos em relação a média (gráfico dos resíduos).

Com objetivo de complementar a análise de exatidão dos modelos foram calculadas outras estatísticas utilizadas por PARRESOL et al. (1987), FIGUEIREDO FILHO et al. (1996), FISHER (1997), SCOLFORO et al. (1998) e ASSIS (2000). Essas estatísticas permitem uma análise do comportamento das estimativas ao longo de todo o fuste, uma vez que será estimada cada altura relativa onde foram tomados os diâmetros por ocasião da cubagem rigorosa. As variáveis avaliadas foram os diâmetros estimados em cada posição de medição (alturas relativas) e os volumes comerciais correspondentes a essas mesmas posições, além do volume total. A Tabela 4 apresenta as estatísticas calculadas para verificar a exatidão das estimativas de diâmetros e volumes.

Baseado no cálculo dessas estatísticas foi elaborado um ranking para sumarizar os resultados do desempenho dos três modelos de afilamento testados para estimar diâmetros ao longo do fuste e os volumes totais e comerciais das árvores. Este ordenamento foi feito para cada classe de diâmetro, para cada classe de idade e para o conjunto total dos dados.

Levando em consideração as estatísticas calculadas (Tabela 4) as equações receberam notas variando de um a três. A equação que apresentou melhor resultado em cada posição relativa da medição recebeu a nota 1 e assim sucessivamente até a nota 3, para a equação que apresentou estatísticas menos exatas.

TABELA 04 - ESTATÍSTICAS UTILIZADAS PARA AVALIAÇÃO DA EXATIDÃO DAS ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS E VOLUMES COMERCIAIS DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

	DIÂMETROS	VOLUMES
Desvio (D)	$\frac{\sum \text{Diff}_i}{n}$	$\frac{\sum \text{Diff}_i}{n}$
Desvio Padrão das Diferenças (DP)	$\sqrt{\frac{\sum (\text{Diff}_i - D)^2}{(n-1)}}$	$\sqrt{\frac{\sum (\text{Diff}_i - D)^2}{(n-1)}}$
Soma dos Quadrados dos Resíduos Relativos (SSRR)	$\frac{\sum (\text{Diff}_i - D)^2}{d_i}$	$\frac{\sum (\text{Diff}_i - D)^2}{v_i}$
Resíduo Percentual (RP)	$\frac{\sum \left( \frac{\text{Diff}_i}{d_i} \right) \times 100}{n}$	$\frac{\sum \left( \frac{\text{Diff}_i}{v_i} \right) \times 100}{n}$

onde:

$\text{Diff}_i = (v_i - \hat{v}_i)$  ou  $\text{Diff}_i = (d_i - \hat{d}_i)$  : desvio dos volumes ou dos diâmetros;

$v_i$  = volume total até o diâmetro  $i$  da árvore;

$\hat{v}_i$  = volume total estimado;

$d_i$  = diâmetro da árvore na posição  $i$  do fuste;

$n$  = número de árvores.

### 3.5 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Foi utilizado o programa *Excel* para ajuste dos modelos polinomiais de quinto e segundo grau. Para o ajuste do modelo de potências variáveis utilizou-se o *software* SPSS 11.0, pelo método “*Stepwise*” de seleção de variáveis. Esse método consiste em escolher as variáveis que possibilitem um melhor ajuste para representar o perfil do fuste, selecionando as variáveis de acordo com a significância de cada uma delas com base na razão F. Nesse método são inseridas ou eliminadas variáveis que atingem ou não um nível de significância especificado. As potências testadas nesse trabalho foram de 0,005 até 25. Para o cálculo dos volumes foi utilizado o programa *FlorExcel*, desenvolvido em linguagem Visual Basic for Applications (VBA), desenvolvido por ARCE (2008).

### 3.6 VALIDAÇÃO DOS MODELOS

A fim de validar as equações selecionadas para estimativa dos diâmetros e dos volumes ao longo do fuste foi aplicado o teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ), para um conjunto de árvores separadas para esse fim. Para a validação das estimativas foram separadas 42 árvores do total de 442 utilizadas nos ajustes das equações. A escolha dessas 42 árvores usadas na validação foi feita proporcionalmente em relação à frequência de indivíduos por classe de diâmetro, como apresentado na Tabela 5. A validação de um modelo consiste se estimar os volumes das árvores separadas pela função de afilamento que apresentou melhor ajuste e comparar as estimativas obtidas com os volumes reais de cada árvore.

O teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) fornece uma estatística que indica se os valores observados se desviam dos valores esperados. O valor de  $\chi^2$  calculado é obtido pelo somatório da diferença entre o valor estimado e o valor real, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\chi^2 = \sum \frac{(y_i - \hat{y}_i)^2}{\hat{y}_i} \quad (16)$$

onde:

$y_i$  = volume real cubado;

$\hat{y}_i$  = volume estimado função de afilamento.

TABELA 05 – NÚMERO DE ÁRVORES CUBADAS UTILIZADAS PARA VALIDAÇÃO NAS DIFERENTES CLASSES DE DIÂMETRO.

CLASSES	CLASSES DE DIÂMETRO (CM)	NÚMERO DE ÁRVORES
1	11,5 - 16,2	9
2	16,2 - 18,5	11
3	18,3 - 20,9	9
4	20,9 - 23,3	6
5	23,3 - 25,6	3
6	> 25,6	4
<b>TOTAL</b>		<b>42</b>

Para a validação das equações ajustadas para o conjunto total dos dados, quando foram utilizadas todas as árvores cubadas, foram usadas as árvores separadas por classe de diâmetro (Tabela 5). Para a validação das equações ajustadas por classe de idade, o número de árvores separadas por classe de idade é apresentado na Tabela 6.

Segundo Prodan et al. (1997), a amostra para validação deve ser independente dos dados utilizados para o ajuste, buscando cobrir todas as variações de idade, sítio e condições de manejo. Os autores afirmam ainda que para se ter confiabilidade nas equações ajustadas deve ser realizada a validação das mesmas.



TABELA 06 – NÚMERO DE ÁRVORES CUBADAS UTILIZADAS PARA VALIDAÇÃO NAS DIFERENTES CLASSES DE IDADE.

CLASSES	IDADE (ANOS)	NÚMERO DE ÁRVORES
1	8	4
2	9	3
3	10	5
4	11	4
5	12	5
6	13	3
7	14	3
8	15	4
9	16	3
10	17	4
11	18	4
<b>TOTAL</b>		<b>42</b>

### 3.7 EVOLUÇÃO DO PERFIL POR IDADE

A forma do fuste da árvore é sua configuração externa, e a particularidade geométrica que possui, dificulta o ajuste dos modelos que representam o perfil da árvore. Alguns autores afirmam que muitas variáveis afetam a forma do fuste das árvores e são de grande importância para silvicultura e manejo.

Nesse sentido buscou-se conhecer a evolução do perfil do fuste para as idades: 8, 10, 12, 14, 16 e 18 anos.

Abaixo é apresentada a Tabela 07 que serviu como base para construção dos gráficos do perfil do fuste por idades.

TABELA 07 – MÉDIA DOS DIÂMETROS PARA CADA ALTURA RELATIVA POR IDADE.

<b>h (%)</b>	<b>8 anos</b>	<b>10 anos</b>	<b>12 anos</b>	<b>14 anos</b>	<b>16 anos</b>	<b>18 anos</b>
0	21,17	23,39	24,71	25,74	30,27	33,19
1	20,4	22,55	23,01	21,74	26,39	27,97
2	19,47	21,47	21,58	20,82	24,59	25,67
3	18,83	20,7	20,67	20,18	23,57	24,45
4	18,33	20,17	20	19,68	22,86	23,66
5	17,91	19,72	19,47	19,26	22,32	23,08
10	16,48	18,22	17,83	17,76	20,71	21,48
15	15,57	17,25	16,88	16,68	19,76	20,57
25	14,25	15,75	15,5	15,16	18,31	19,13
35	13,06	14,31	14,18	13,85	16,91	17,68
45	11,68	12,71	12,69	12,52	15,3	16,07
50	10,88	11,83	11,85	11,8	14,4	15,18
55	10,01	10,89	10,94	11,02	13,42	14,22
65	8,13	8,86	8,97	9,24	11,21	12,09
75	6,24	6,67	6,81	7,12	8,66	9,58
85	4,5	4,41	4,55	4,68	5,76	6,56
95	2,55	2,23	2,29	1,99	2,49	2,87
100	0	0	0	0	0	0

### 3.8 APLICAÇÃO DO MELHOR MODELO PARA UMA ÁREA EM SENGÉS-PR

Estudos comprovam que a forma da árvore se altera com a idade, sitio, regime de manejo, posição sociológica e herdabilidade, dentre outros fatores. Autores afirmam que os ajustes devem ser feitos por estratos o mais homogêneo possível, pois ao considerar apenas espécie a variabilidade dentro da mesma espécie, submetidas a diferentes condições de crescimentos é muito ampla.

Nesse sentido o presente tópico teve como objetivo avaliar se o melhor ajuste para o conjunto total dos dados poderia ser aplicado para um conjunto de árvores cubadas de *Pinus caribea* var. *hondurensis* plantadas na região de Sengés - PR.

Foram utilizadas para tanto 52 árvores cubadas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, com idades variando de 12 à 15 anos, conforme segue na Tabela 08

TABELA 08 – NÚMERO DE ÁRVORES CUBADAS POR IDADE PARA REGIÃO DE SENGÉS - PR.

IDADE (ANOS)	NÚMERO DE ÁRVORES
12	9
13	11
14	7
15	25
TOTAL	52

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS

Como primeiro passo na análise dos dados foi calculado as estatísticas que descrevem o conjunto de dados utilizados nos ajustes dos modelos propostos. Para tal foi calculado, média, o desvio padrão, o coeficiente de variação, os valores mínimos e os valores máximos para as variáveis diâmetro a altura do peito (DAP), altura total e volume cubado, por classe de diâmetro, classe de idade e para o conjunto total dos dados, cujos resultados são apresentados nas Tabelas 7, 8 e 9.

TABELA 07 - ESTATÍSTICAS PARA A VARIÁVEL DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (cm) POR CLASSE DE DIÂMETRO, CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

	CLASSES	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	COEF, VARIAÇÃO %	MÍNIMO	MÁXIMO
DAP (cm)	11,45 - 16,17	14,97	0,79	5,28	11,45	15,91
	16,17 - 18,53	17,34	0,74	4,27	16,23	18,43
	18,53 - 20,89	19,65	0,64	3,26	18,62	20,69
	20,89 - 23,26	21,86	0,55	2,52	21,00	23,23
	23,26 - 25,62	24,28	0,62	2,55	23,55	25,46
	> 25,62	28,55	2,87	10,05	25,78	37,24
IDADE (anos)	8	16,26	2,88	17,71	11,45	22,28
	9	18,67	3,00	16,07	13,68	25,14
	10	17,98	3,71	20,63	14,00	31,19
	11	18,00	3,44	19,11	12,73	27,05
	12	18,15	3,84	21,16	14,00	30,87
	13	20,47	3,26	15,93	15,91	30,55
	14	17,77	1,96	11,03	14,64	20,69
	15	20,86	2,98	14,29	15,27	27,37
	16	21,71	3,10	14,28	17,50	29,60
	17	22,00	4,45	20,23	16,55	33,10
	18	22,74	3,82	16,80	16,87	37,24
TOTAL		19,36	3,97	20,51	11,45	37,24

TABELA 08 - ESTATÍSTICAS PARA A VARIÁVEL ALTURA (m) POR CLASSE DE DIÂMETRO, CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

	CLASSES	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	COEF. VARIAÇÃO %	MÍNIMO	MÁXIMO
DAP (cm)	11,45 - 16,17	11,78	1,94	16,47	7,50	18,50
	16,17 - 18,53	14,76	2,38	16,12	9,20	19,50
	18,53 - 20,89	17,84	1,90	10,65	12,50	22,00
	20,89 - 23,26	18,47	3,42	18,52	12,00	25,00
	23,26 - 25,62	20,35	2,20	10,81	15,00	24,00
	> 25,62	21,43	2,31	10,78	18,00	27,00
IDADE (anos)	8	11,87	1,56	13,14	8,50	15,00
	9	12,93	2,18	16,86	7,50	16,50
	10	13,31	2,76	20,74	8,40	21,50
	11	14,65	2,94	20,07	8,90	21,00
	12	15,42	3,07	19,91	8,70	23,00
	13	18,53	2,41	13,01	15,20	24,00
	14	16,64	2,12	12,74	14,00	20,80
	15	19,11	1,25	6,54	17,10	21,50
	16	20,33	2,55	12,54	17,10	25,00
	17	18,85	2,88	15,28	10,80	23,50
	18	20,56	2,29	11,14	15,50	27,00
TOTAL		16,21	3,89	24,00	7,50	27,00

A variável DAP apresentou uma média geral de 19,36 cm, com valores variando de 11,45 a 37,24 cm e um coeficiente de variação de 20,51%. As classes de diâmetro apresentaram coeficientes de variação menores, variando de 2,52 a 5,28%, com exceção da última classe (10,05%). As classes de idade apresentaram maior dispersão do que as classes de diâmetro, com coeficientes de variação variando de 11,03 a 21,16%.

A variável altura total apresentou uma altura média de 16,21 m, variando de 7,50 a 27,00 m com um coeficiente de variação na ordem de 24,00%. A dispersão das alturas foi homogênea tanto para as classes de diâmetro como para as classes de altura, apresentando coeficientes de variação que variaram de 6,54 a 20,74%,

A variável volume total apresentou uma média de 0,26 m<sup>3</sup>, com um mínimo de 0,05 m<sup>3</sup> e um máximo de 1,26 m<sup>3</sup>. O coeficiente de variação total foi de 63,84%, Quando consideradas as classes de diâmetros e as classes de idade, os coeficientes de variação apresentaram a mesma tendência que os diâmetros, ou seja, menores variações para as classes de diâmetro do que para as classes de

idade. Interessante ressaltar que os desvios padrão dos volumes tendem a aumentar à medida que aumentam os diâmetros e as alturas, indicando que o volume incorpora as variações existentes nas duas variáveis de forma multiplicativa,

TABELA 09 – ESTATÍSTICAS PARA A VARIÁVEL VOLUME (m<sup>3</sup>) POR CLASSE DE DIÂMETRO, CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS,

	CLASSES	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	COEF, VARIAÇÃO %	MÍNIMO	MÁXIMO
DAP (cm)	11,45 - 16,17	0,10	0,02	21,40	0,05	0,15
	16,17 - 18,53	0,17	0,04	22,09	0,09	0,26
	18,53 - 20,89	0,26	0,04	13,63	0,18	0,36
	20,89 - 23,26	0,33	0,07	20,57	0,20	0,46
	23,26 - 25,62	0,45	0,06	13,31	0,30	0,57
	> 25,62	0,64	0,18	28,32	0,45	1,27
IDADE (anos)	8	0,13	0,06	45,86	0,05	0,26
	9	0,18	0,08	42,64	0,06	0,37
	10	0,19	0,14	73,60	0,07	0,20
	11	0,20	0,12	59,43	0,06	0,50
	12	0,22	0,15	70,40	0,07	0,81
	13	0,31	0,13	43,74	0,14	0,69
	14	0,21	0,06	29,19	0,12	0,31
	15	0,31	0,11	35,66	0,14	0,59
	16	0,37	0,14	39,03	0,19	0,77
	17	0,37	0,18	48,82	0,11	0,85
	18	0,41	0,20	47,83	0,18	1,26
TOTAL		0,26	0,16	63,84	0,05	1,26

#### 4,2 AJUSTE DOS MODELOS

Como indicativo do ajuste dos modelos testados são apresentados os resultados dos coeficientes de determinação ( $R^2$  ajustado) e dos erros padrão das estimativas em porcentagem ( $S_{yx}\%$ ) encontrados (Tabelas 10 a 15). Os resultados são apresentados por classe de diâmetro, classe de idade e para o conjunto total dos dados. Cumpre salientar, no entanto, que essas estatísticas não retratam o desempenho da função de afilamento, pois as mesmas não levam em conta a posição da estimativa ao longo do fuste. Devido a isso as estatísticas são apresentadas apenas como indicativo da qualidade do ajuste dos modelos testados.

TABELA 10 – COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO POLINOMIAL DE 5º GRAU, AJUSTADOS POR CLASSE DE DIÂMETRO E PARA O TOTAL DOS DADOS,

CLASSE DE DIÂMETRO (cm)	POLINÔMIO DO 5º GRAU							
	COEFICIENTES ESTIMADOS							
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	R <sup>2</sup>	S <sub>yx</sub> (%)
11,5 - 16,2	1,3134	-4,5598	19,5360	-43,760	43,3280	-15,826	0,9781	6,4100
16,2 - 18,5	1,3026	-5,1931	24,7454	-57,979	59,4626	-22,362	0,9784	6,3270
18,5 - 20,9	1,3073	-6,0745	30,8761	-73,353	76,1198	-28,945	0,9950	7,6788
21,0 - 23,2	1,2721	-5,5383	27,8209	-66,097	68,6162	-26,124	0,9697	7,2426
23,3 - 25,6	1,2339	-4,7896	23,7271	-56,165	57,9162	-21,966	0,9725	6,6587
> 25,7	1,2177	-4,6251	22,1469	-51,532	52,4653	-19,716	0,9765	6,3199
TOTAL	1,2893	-5,2003	24,9697	-58,421	59,8725	-22,538	0,9710	7,2393

TABELA 11 – COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO POLINOMIAL DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS, AJUSTADOS POR CLASSE DE DIÂMETRO E PARA O TOTAL DOS DADOS,

POLINÔMIO DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS									
CLASSE DE DIÂMETRO (cm)	COEFICIENTES ESTIMADOS							R <sup>2</sup>	S <sub>yx</sub> (%)
	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	b <sub>6</sub>		
11,5 - 16,2	1,328	1,884	3,63	-2,612	-3,818	0,145	-0,503	0,9787	6,3238
		0,7	5	0,5	4	0,005	10		
16,2 - 18,5	1,345	1,375	-1,935	0,278	0,361	-1,356		0,9814	5,887
		0,7	0,3	4	0,005	2			
18,5 - 20,9	1,396	0,478	9,894	0,0078	-10,78	-1,013		0,9752	6,7062
		0,7	0,005	5	0,02	2			
21,0 - 23,2	1,365	4,032	-0,122	-2,555	0,758	-3,43		0,9797	5,9286
		0,7	5	0,2	0,005	1			
23,3 - 25,6	1,311	0,311	7,081	-7,729	-0,932			0,9811	5,5238
		0,9	0,005	0,02	2				
> 25,7	1,299	0,214	6,561	-7,179	-0,863			0,9978	5,0531
		0,005	0,02	0,9	2				
TOTAL	1,348	1,473	-0,42	-1,95	0,802	0,337	-1,535	0,9756	6,6472
		0,7	5	0,3	4	0,01	2		

Os valores mais baixos para o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>ajustado) foram encontrados para o modelo polinomial de Kozak et al (1969), sendo que o valor mais baixo foi de 0,7593 para classe de diâmetro de 21,0 a 23,2 cm, Para todas as classes de diâmetro consideradas, o polinômio de potências variáveis apresentou resultados para as estatísticas estimadas mais satisfatórios que a do polinômio de 5º grau (Tabelas 10 e 11).

TABELA 12 – COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO DE Kozak et al (1969), AJUSTADOS POR CLASSE DE DIÂMETRO E PARA O TOTAL DOS DADOS,

CLASSE DE DIÂMETRO (cm)	MODELO DE KOZAK				
	COEFICIENTES ESTIMADOS				
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$S_{yx}(\%)$
11,5 - 16,2	1,5196	-3,1785	1,7579	0,9482	9,8674
16,2 - 18,5	1,4597	-2,9983	1,6297	0,9409	10,4857
18,5 - 20,9	1,1792	-1,1408	0,0876	0,7610	20,8349
21,0 - 23,2	1,1560	-1,0789	0,0548	0,7593	20,4033
23,3 - 25,6	1,1319	-0,9125	-0,1044	0,9456	9,3652
> 25,7	1,1196	-0,9448	-0,0720	0,9511	9,1120
TOTAL	1,4270	-2,8828	1,5455	0,9312	11,1504

TABELA 13 – COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO POLINOMIAL DE 5º GRAU, AJUSTADOS POR CLASSE DE IDADE E PARA O TOTAL DOS DADOS,

CLASSES DE IDADE (anos)	POLINÔMIO DO 5º GRAU						
	COEFICIENTES ESTIMADOS						
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$R^2$ $S_{yx}(\%)$
8	1,2845	-4,2827	18,9620	-43,5444	43,7360	-16,1113	0,9786 6,1022
9	1,2426	-3,6642	15,4077	-35,2099	35,0889	-12,8226	0,9846 5,2554
10	1,2809	-4,2813	18,8210	-43,0336	43,0275	-15,8064	0,9789 6,2933
11	1,2689	-4,3561	19,2151	-43,6108	43,6108	-16,0954	0,9828 5,5294
12	1,3172	-5,4701	26,1812	-61,1173	62,5524	-23,4942	0,9825 7,1911
13	1,2691	-5,0910	24,3850	-56,7581	58,1354	-21,9867	0,9762 6,4155
14	1,3416	-6,5569	34,0363	-82,0696	86,3918	-33,2558	0,9662 8,0344
15	1,2730	-5,5316	27,2075	-64,4874	67,2782	-25,8019	0,9713 7,2100
16	1,2838	-5,9367	30,2810	-71,9210	74,5585	-28,3413	0,9720 7,0851
17	1,3204	-6,4450	33,4967	-79,7375	82,6188	-31,3279	0,9663 7,7542
18	1,3165	-6,9171	36,2025	-86,0512	89,5536	-34,2027	0,9554 8,8920
TOTAL	1,2893	-5,2003	24,9697	-58,4210	59,8725	-22,5386	0,9710 7,2393

Com relação aos resultados obtidos por classes de idades, que variaram de 8 a 18 anos, o polinômio potências variáveis apresentou, para todas as classes consideradas, estatísticas mais satisfatórias do que as obtidas para o polinômio de 5º grau. Esses resultados (Tabelas 13, 14 e 15) também foram melhores do que os obtidos para o modelo de Kozak et al. (1969).

TABELA 14 – COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO



POLINOMIAL DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS, AJUSTADOS POR  
CLASSE DE IDADE E PARA O TOTAL DOS DADOS,

POLINÔMIO DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS									
CLASSES DE IDADE	COEFICIENTES ESTIMADOS							$R^2$	$S_{yx}(\%)$
8	1,3020	0,6950	4,0760	-1,3950	-4,1710	0,1600	-0,6070	0,9793	6,0046
		0,80	5	0,40	4	0,01	10		
9	1,2640	-0,3370	-1,6130	0,3930	1,2080	-0,8220		0,9849	5,1957
		0,9	0,006	5	0,005	3			
10	1,3010	1,3630	0,2200	-1,7260	0,1970	-1,2870		0,9796	6,1875
		0,8	5	0,4	0,01	2			
11	1,2930	-1,4020	-0,6180	2,1660	2,7030	-2,8500	-1,3420	0,9841	5,3354
		5	0,4	10	0,01	0,02	15		
12	1,3610	2,4590	-2,7870	0,3320	0,2670	-1,5660		0,9969	6,7734
		0,7	0,4	4	0,01	2			
13	1,3100	-0,3330	2,3280	2,3830	-2,6430	-3,0270		0,9798	5,9600
		10	5	0,01	4	0,05			
14	1,4490	0,7860	-0,8960	-1,3050				0,9747	6,9544
		5	0,3	4					
15	1,3520	0,1940	8,1050	-8,8390	-0,7570			0,9791	6,1583
		0,7	0,01	0,2	2				
16	1,3940	0,3640	8,6910	-9,5240	-0,8920			0,9863	4,9538
		0,7	0,005	0,02	2				
17	1,4230	0,8510	0,2350	5,2860	-6,8200	-0,8790		0,9790	6,1177
		0,2	10	0,01	0,04	3			
18	1,4600	4,2940	-0,2050	-4,3970	1,1420	-2,2630		0,9773	6,3337
		0,5	5	0,2	0,005	1			
TOTAL	1,3480	1,4730	-0,4200	-1,9500	0,8020	0,3370	-1,5350	0,9756	6,6472
		0,7	5	0,3	4	0,01	2		

É importante observar que as estatísticas apresentadas nas tabelas 10-15 não retratam o desempenho das funções de afilamento, pois representam valores médios das árvores usadas nos ajuste e não consideram a posição da estimativa ao longo dos fustes. Servem, portanto, apenas como um indicativo da correlação existente entre as variáveis presentes nos modelos testados. Trabalhos desenvolvidos por Assis et al 2002, avaliando o desempenho de modelos polinomiais não segmentados na estimativa de diâmetros comerciais e volumes para *Pinus taeda* encontraram resultados semelhantes para essas estatísticas ( $R^2$ ,  $S_{yx}\%$ ).

TABELA 15 – COEFICIENTES ESTIMADOS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%) PARA O MODELO POLINOMIAL DE Kozak et al (1969), AJUSTADOS POR CLASSE DE IDADE E PARA O TOTAL DOS DADOS,

CLASSES DE IDADE (anos)	MODELO DE KOZAK				
	COEFICIENTES ESTIMADOS				
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$R^2$	$S_{yx}(\%)$
8	1,2032	-1,1869	0,1188	0,9637	7,9510
9	1,1758	-1,1290	0,0635	0,9743	6,7788
10	1,1988	-1,1766	0,0778	0,9645	8,1734
11	1,1828	-1,1440	0,0793	0,9654	7,8557
12	1,2066	-1,2439	0,1586	0,8933	10,0095
13	1,1620	-1,0689	0,0318	0,9476	9,5136
14	1,2040	-1,2062	0,1239	0,9280	11,7182
15	1,1586	-1,1678	0,1455	0,9403	10,4107
16	1,1574	-1,0785	0,0401	0,9349	10,7958
17	1,1823	-1,1008	0,0458	0,9249	11,5839
18	1,1652	-1,1164	0,0999	0,9030	13,1045
TOTAL	1,4270	-2,8828	1,5455	0,9312	11,1504

#### 4.3 QUALIDADE DO AJUSTE DOS MODELOS NA ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS

Além da avaliação das estatísticas de ajuste ( $R^2$  e  $S_{yx}\%$ ) obtidas também foi feita uma análise gráfica da distribuição dos resíduos, uma vez que esse tipo de análise permite avaliar se as equações que apresentaram as melhores estimativas apresentaram também uma distribuição dos resíduos sem tendências marcantes.

Nas Figuras 3, 4 e 5 são apresentadas as distribuições dos resíduos para a classe de diâmetro  $>25,7$  cm, para os três modelos testados. Os resultados das distribuições dos resíduos obtidos por classe de diâmetro, classe de idade e para o conjunto total dos dados são apresentados nos Anexos de 1 a 17.

Analisando a Figura 5, observa-se que a equação de Kozak et al. (1969), mostrou tendência em subestimar os diâmetros na parte superior do fuste (ponteira) e de superestimar os diâmetros maiores, na base da árvore. Em geral as três equações apresentaram mais dispersão na parte superior da árvore, o que resulta em subestimativas (Figuras 3 e 4). Queiroz (2006), ao avaliar os mesmo modelos para *Mimosa scabrella* Bentham, obteve resultados semelhantes ao utilizar polinômio de Kozak et al, (1969), principalmente nas estimativas de diâmetros inferiores.

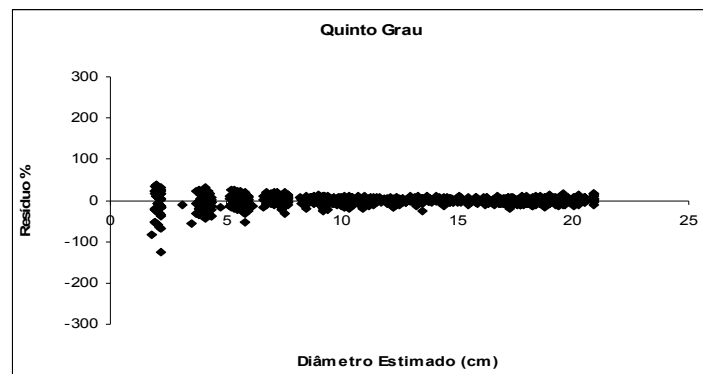


FIGURA 03 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O POLINÔMIO DE 5º GRAU, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm,

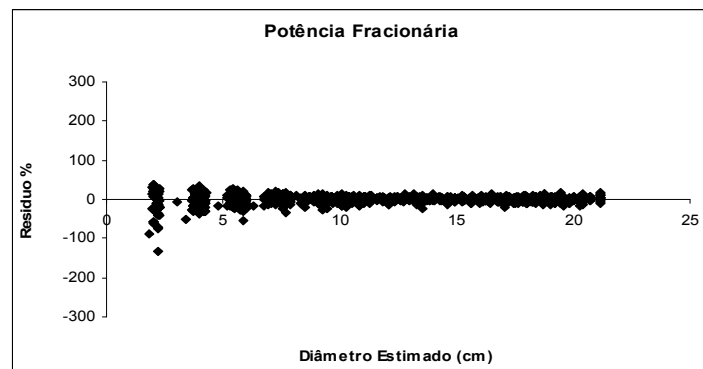


FIGURA 04 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O POLINÔMIO DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO > 25,7 cm,

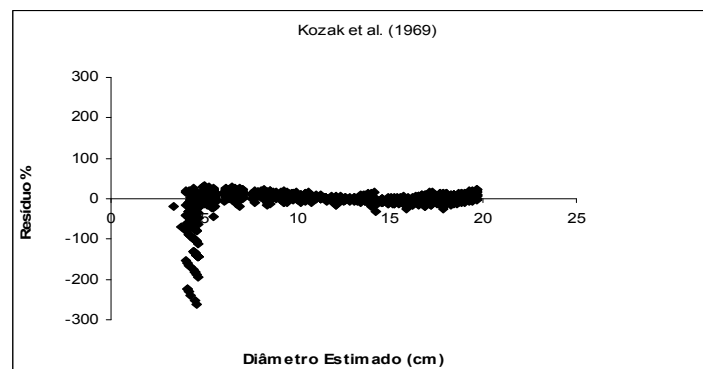


FIGURA 05 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O MODELO DE KOZAK et al. (1969) PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm,

Com o objetivo de complementar a análise da qualidade do ajuste dos modelos testados foram utilizadas estatísticas que permitem uma análise mais detalhada do desempenho das estimativas ao longo de todo o fuste, uma vez que

foram estimados os diâmetros para cada altura relativa. As Tabelas 16, 17 e 18 apresentam os resultados obtidos para o resíduo percentual (RP), soma de quadrados dos resíduos relativos (SSRR), desvio padrão das diferenças (DP) e desvio (D), obtidos para os modelos testados. As referidas tabelas apresentam apenas os resultados para a classe de diâmetro acima de 25,7 cm. Os demais resultados encontrados são apresentados nos Anexos 18 a 34.

De posse dos resultados obtidos para essas estatísticas foi realizada uma classificação das equações. A equação que apresentou menor valor no somatório das estatísticas recebeu nota 1 e a que apresentou maior valor no somatório recebeu nota 3, nas diferentes posições do fuste.

Em termos gerais, quando analisadas as estatísticas por classe de diâmetro, classe de idade e para o conjunto total dos dados, o polinômio de potências variáveis foi o que apresentou os melhores resultados, principalmente nas estimativas das porções da base do fuste.

Ferreira (2004), trabalhando com funções de afilamento para representar o perfil do fuste de *Pinus taeda*, na região norte do Estado do Paraná, ao realizar as mesmas análises estatísticas, obteve nota 1 em quase todas as posições relativas para o polinômio de potências variáveis. Ao comparar os polinômios de quinto grau com o modelo de Goulding & Murray, esse modelo apresentou claras vantagens em relação aos demais por fornecer uma variável com valor real.

Na classe de diâmetro acima de 25,7 cm, a equação de potências variáveis, dentre as três equações testadas, foi a que apresentou menor somatório para todas as estatísticas na posição relativa de 0% em relação a estimativa do diâmetro, recebendo portanto nota 4, conforme pode ser observado na Tabela 16. Ocupando a segunda posição com nota 8 ficou o polinômio do 5º grau (Tabela 17) e por último o polinômio de Kozak et al, (1969) com nota 12 (Tabela 18).

A equação do polinômio de potências variáveis ocupou a primeira posição para as demais alturas relativas, para a classe de diâmetro > 25,7 cm, exceto na altura relativa de 2%. Essa posição foi melhor estimada pelo polinômio de Kozak et al, (1969), que recebeu nota 5, seguido do polinômio de potências variáveis com nota 7 e, por último, o polinômio de 5º grau com nota 12.

TABELA 16 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm,

POLINÔMIO DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS					
ALTURAS TOTAIS (%)	DESVIOS	DESVIO PADRÃO DAS DIFERENÇAS	SOMA DOS QUADRADOS DOS RESÍDUOS RELATIVOS	RESÍDUO PERCENTUAL	CLASSIFICAÇÃO DA EQUAÇÃO
0	-0,0125	121,124	55,937	0,5235	4
1	-0,0846	57,737	15,334	0,1526	4
2	0,2415	52,510	11,498	0,1249	7
3	-0,0520	39,835	0,7582	0,0882	4
4	-0,2393	32,291	0,5407	0,0624	4
5	-0,1621	32,759	0,5583	0,0653	4
10	0,0869	24,768	0,3310	0,0419	4
15	0,2984	37,439	10,484	0,1315	4
25	-0,0393	42,201	10,327	0,1515	4
35	-0,2643	39,884	10,876	0,1770	4
45	-0,0292	41,733	12,258	0,2171	4
50	-0,0089	40,511	13,694	0,2588	4
55	0,0147	46,840	18,483	0,3777	6
65	0,1722	46,551	22,451	0,5226	4
75	0,1832	45,582	27,159	0,8308	4
85	-0,2435	39,601	33,918	17,738	4
95	0,0326	27,355	39,941	52,669	6

Nas alturas relativas de 55% e 95% houve um empate entre o polinômio de potências variáveis e o polinômio de 5º grau, pois ambos receberam nota 6 seguido da equação de Kozak et al. (1969) com nota 12. Em geral, para estimativa do diâmetro na altura relativa de 95% o polinômio de 5º grau apresentou melhores resultados do que o de potências variáveis, tanto para a estratificação por classe de diâmetro como para classe de idade e para o conjunto total dos dados. Esses resultados podem ser observados nos Anexos 35 a 51.

TABELA 17 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE 5º GRAU PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm,

POLINÔMIO DE 5º GRAU					
ALTURAS TOTAIS (%)	DESVIOS	DESVIO PADRÃO DAS DIFERENÇAS	SOMA DOS QUADRADOS DOS RESÍDUOS RELATIVOS	RESÍDUO PERCENTUAL	CLASSIFICAÇÃO DA EQUAÇÃO
0	23,092	153,113	90,915	0,7940	8
1	-0,2828	59,345	16,153	0,1613	8
2	-0,7132	61,039	16,306	0,1764	12
3	-10,785	63,994	19,241	0,2206	12
4	-11,142	61,713	17,437	0,2032	8
5	-0,8022	48,552	12,052	0,1414	8
10	0,5771	37,681	0,6677	0,0854	8
15	12,228	68,675	25,427	0,3263	8
25	0,3443	43,873	11,419	0,1649	8
35	-0,6322	47,961	15,601	0,2551	12
45	-0,4475	48,124	15,687	0,2822	11
50	-0,2130	43,913	14,696	0,2818	8
55	0,0850	46,845	18,451	0,3743	6
65	0,6033	53,450	27,773	0,6213	8
75	0,3210	47,424	28,288	0,8478	8
85	-0,7727	50,683	60,291	32,240	12
95	0,2195	29,275	39,654	47,628	6

As Tabelas 19 e 20 apresentam os resultados obtidos na classificação das equações, por classe de diâmetro e classe de idade. Essa classificação visou sumarizar os resultados, com o objetivo de tornar mais clara a sua visualização. As Tabelas 19 e 20 também apresentam as porcentagens de vezes que cada equação ocupou a primeira posição. Quando ocorreu de duas equações apresentarem a mesma nota, foram consideradas como empatadas, recebendo, dessa forma, metade da nota cada uma.

Em geral o polinômio de potências variáveis apresentou sempre os melhores resultados para os ajustes feitos por classe de diâmetro, classe de idade e para o conjunto total dos dados, Isso se deve ao fato do mesmo incorporar um conjunto de potências, pois o método "stepwise" de seleção de variáveis escolhe as melhores para estimar as diferentes porções da árvore e com isso apresenta maior flexibilidade para descrever o perfil da árvore, Essa é a sua maior vantagem frente aos outros modelos testados.

TABELA 18 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE KOZAK et, al (1969) PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm,

MODELO DE KOZAK					
ALTURAS TOTAIS (%)	DESVIOS	DESVIO PADRÃO DAS DIFERENÇAS	SOMA DOS QUADRADOS DOS RESÍDUOS RELATIVOS	RESÍDUO PERCENTUAL	CLASSIFICAÇÃO DA EQUAÇÃO
0	51,095	279,861	246,028	21,792	12
1	15,289	90,022	34,258	0,3469	12
2	0,2282	52,462	11,450	0,1244	5
3	-0,8975	58,298	15,715	0,1805	8
4	-15,916	87,175	30,406	0,3553	12
5	-18,437	100,984	40,267	0,4770	12
10	-21,124	115,703	51,532	0,6507	12
15	-17,137	101,736	43,634	0,5729	12
25	-11,628	67,585	27,704	0,4090	12
35	-0,4578	42,996	12,911	0,2110	8
45	0,4936	42,726	15,166	0,2606	9
50	0,7588	50,996	21,524	0,3865	12
55	0,9419	62,502	31,331	0,5972	12
65	11,438	70,629	44,870	0,9915	12
75	0,8117	57,705	40,233	11,513	12
85	-0,3623	41,149	37,841	20,017	8
95	-12,489	68,404	218,122	288,746	12

Para o conjunto total dos dados, a equação do polinômio de potências variáveis foi o que estimou com maior qualidade do ajuste os diâmetros em 88% dos casos, exceto na posição relativa de 1%, onde o polinômio de 5º grau ocupou a primeira posição, Houve um empate entre o polinômio de potências variáveis e o polinômio de 5º grau nas posições de 55 e 95%,

Em relação aos resultados por classe de diâmetro, para todas as classes o polinômio de potências variáveis apresentou maior qualidade do ajuste nas estimativas dos diâmetros ao longo do fuste, Como pode ser observado na Tabela 19 a equação sempre apresentou resultado acima ou igual a 82%, exceto na classe de 18,5 à 20,9 onde apresentou 74% dos casos, Isso se explica pelo fato do polinômio de 5º grau (26%) ter apresentado boas estimativas em algumas alturas relativas,

TABELA 19 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS DIFERENTES ALTURAS DO FUSTE PARA CADA CLASSE DE DIÂMETRO E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS E PORCENTAGEM DE QUANTAS VEZES A EQUAÇÃO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO NA ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS,

ALTURA (%)	CLASSE DE DIÂMETRO (cm)						Total
	11,5-16,2	16,2-18,5	18,5-20,9	21-23,2	23,3-25,6	>25,7	
0	P	P	P	P	P	P	P
1	P	P	Q	P	P/Q	P	Q
2	P	Q	P	P	P	K	P
3	P	P	P	P	P	P	P
4	P	P	Q	P/K	P	P	P
5	P	P	P	P	P	P	P
10	P	P	P	P	P	P	P
15	P	P	P	P	P	P	P
25	P	P	P	P	P	P	P
35	P	P	P	P	P	P	P
45	P	P	P	P	P	P	P
50	Q	Q	P	P	P	P	P
55	P	P	P/Q	P/Q	P/Q	P/Q	P/Q
65	P	P	P	P	P	P	P
75	P	P	Q	P/Q	P/Q	P	P
85	Q	P	P	P	P	P	P
95	Q	Q	Q	P	P	P/Q	P/Q
Potência (P)	82%	82%	74%	91%	91%	82%	88%
Quinto Grau (Q)	18%	18%	26%	6%	9%	6%	12%
Kozak (K)	0%	0%	0%	3%	0%	6%	0%

O polinômio de potências variáveis foi o melhor em todas as classes de diâmetro e também para o conjunto total dos dados, destacando-se nas posições 0%, 3%, 5%, 10%, 15%, 25%, 35%, 45% e 65%, nas quais ocupou o primeiro lugar. Observa-se que nas menores porções do fuste, onde ocorrem as maiores irregularidades no perfil da árvore, o polinômio de potências variáveis mostrou maior eficiência para essas estimativas. Esse fato também foi observado por Assis (2000) e Ferreira (2004) que trabalharam com diferentes espécies de *Pinus* sp. Isso se explica pelo fato das potências maiores, que são escolhidas durante o ajuste, representarem melhor a base da árvore. O polinômio de Kozak et al.(1969) apresentou baixíssima pontuação nas classes de 21,0 à 23,2 cm e maior do que 25,7 cm, com 3% e 6%.

Eisfeld et al. (2004), avaliando o polinômio de 5º grau, polinômio de potencias variáveis ajudado por regressão não linear e o polinômio de potencias variáveis (Modelo de Hradetzky 1976), concluíram que os modelos do polinômio do 5º grau e



o modelo de Hradetzky possuem perfis semelhantes. Já o segundo modelo testado, modelo de potência variáveis, subestima a porção mediana da árvore. Na base e no topo os perfis dos três modelos estão semelhantes. Entre 5% e 10% da altura total das árvores, o modelo polinomial do 5º grau superestimam os valores, evidenciando a dificuldade desse modelo em representar a base do fuste.

Na Tabela 20 são apresentados os resultados da classificação dos modelos em cada altura relativa do fuste para cada classe de idade e para o conjunto total dos dados, Observa-se que o polinômio de potências variáveis ficou em primeiro lugar em todas as classes, com valores percentuais quase sempre acima de 70%, exceto nas idades de 9, 10 e 12 anos, onde os resultados em porcentagem foram de 50%, 65% e 68%, Para essas classes o polinômio de 5º obteve resultados tão bons quanto os resultados para determinadas alturas relativas,

Nas posições relativas de 0%, 2%, 4%, 5% e 25% o polinômio de potências variáveis foi o melhor em todas as idades, Nas posições de 50% e 85% também foi classificado em primeiro lugar, exceto na idade de 11 anos onde o polinômio de 5º grau foi mais acurado para estimar o diâmetro,

TABELA 20 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS DIFERENTES ALTURAS DO FUSTE PARA CADA CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS E A PORCENTAGEM DE QUANTAS VEZES A EQUAÇÃO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO NA ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS,

ALTURA (%)	IDADE (ANOS)											Total
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
0	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
1	Q	Q	Q	P	Q	P/Q	Q	P	P	P	P	Q
2	P	P	P	P	P	P	K	P	P	P	P	P
3	P	P	K	P	P	P	P	P	P	P	P	P
4	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
5	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
10	Q	Q	Q	P	Q	P	P	P	P	P	P	P
15	P	Q	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
25	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
35	P	K	K	P	K	P	K	P	P	P	P	P
45	P	P/Q	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
50	P	P	P	Q	P	P	P	P	P	P	P	P
55	P/Q	Q	Q	P	Q	Q	Q	Q	Q	Q	P	P/Q
65	Q	Q	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
75	P/Q/K	K	P/Q	P	P/Q	P	P	P	P	P	P	P
85	P	P	P	Q	P	P	P	P	P	P	K	P

95	Q	Q	P/Q	P	Q	P	P	P/Q	P	P	P/Q	P/Q
Potência (P)	70%	50%	65%	88%	68%	91%	76%	91%	94%	94%	91%	88%
Quinto Grau (Q)	28%	38%	24%	12%	26%	9%	12%	9%	6%	6%	3%	12%
Kozak (K)	2%	12%	12%	0%	6%	0%	12%	0%	0%	0%	6%	0%

Nas demais alturas relativas não houve uma tendência clara para indicar qual equação mais eficiente. O que pode ser observado é uma alternância e muitas vezes empate entre o polinômio de potências variáveis e o polinômio de 5º grau e, em alguns casos esparsos, a equação de Kozak et al (1969), como por exemplo, na posição relativa de 35%,

Em geral o modelo de Kozak et al (1969) apresentou o pior desempenho dentre os modelos testados, com baixa nas pontuação baixa nas idades de 8, 9, 10, 12, 14 e 18 anos com 2%, 12%, 12%, 6%, 12% e 6% de pontuação respectivamente,

Apesar de alguns modelos estimarem com maior qualidade do ajuste alguns pontos, o modelo de potências variáveis pode ser utilizado para estimar diâmetros para todo o fuste, uma vez que se observa que quando ele não ocupou a primeira posição ocupou o segundo lugar ou mesmo empatou com o polinômio de 5º grau.

As Figuras 6, 7 e 8 apresentam os perfis médios reais e estimados para os três modelos testados para a classe de diâmetro acima de 25,7 cm. Os demais perfis são apresentados nos 52 a 68.

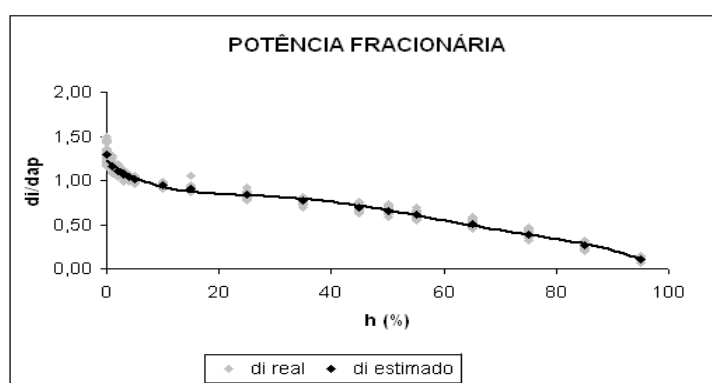


FIGURA 06 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELO MODELO DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS AJUSTADO PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm,

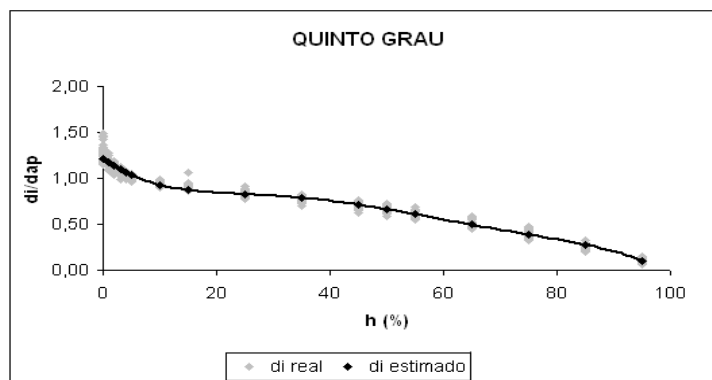


FIGURA 07 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELO POLINÔMIO DE 5º GRAU AJUSTADO PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm,

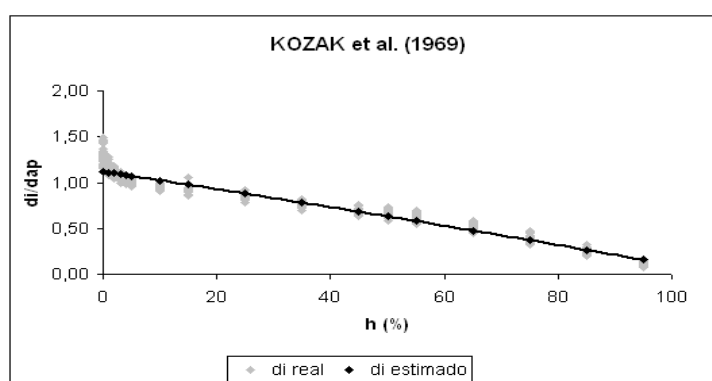


FIGURA 08 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PELO MODELO DE KOZAK et, al (1969) AJUSTADO PARA A CLASSE DIAMÉTRICA >25,7 cm,

#### 4,4 QUALIDADE DO AJUSTE DOS MODELOS NA ESTIMATIVA DOS VOLUMES

Da mesma forma que para os diâmetros estimados, foram feitas avaliações para as estimativas volumétricas. Além da avaliação das estatísticas de ajuste ( $R^2$  e  $Syx\%$ ) também foi feita uma análise gráfica da distribuição dos resíduos, pois isso permite avaliar se as equações que apresentaram as melhores estimativas também possuem uma boa distribuição dos resíduos, ou seja, não apresentam tendência. Nas Figuras 9, 10 e 11 são apresentadas as distribuições dos resíduos para a classe de diâmetro >25,7 cm. Os gráficos dos resíduos para o conjunto total dos dados e para as diferentes idades são apresentados nos Anexos 52 a 68.

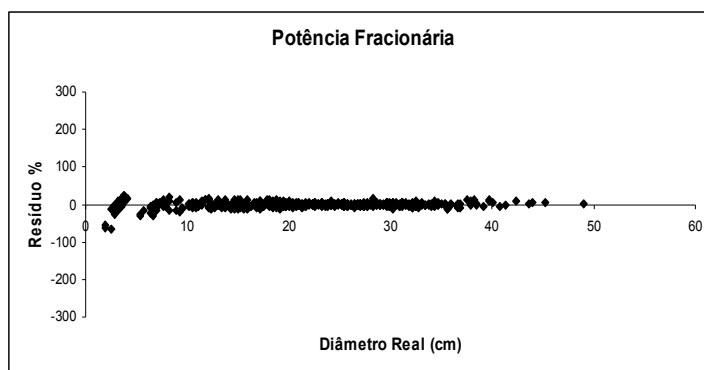


FIGURA 09 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O POLINÔMIO DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm,

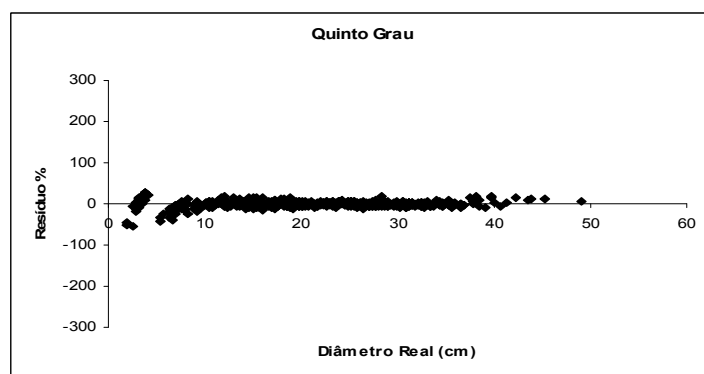


FIGURA 10 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O POLINÔMIO DE 5º GRAU PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm,

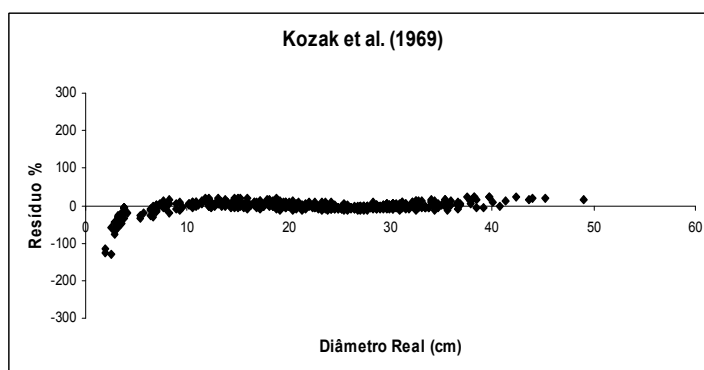


FIGURA 11 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA O MODELO KOZAK et al, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO >25,7 cm,

Analisando as figuras apresentadas, observa-se que as três equações apresentaram tendência em superestimar os volumes, principalmente em se tratando de volumes menores, que representam à ponteira da árvore. Essa

tendência, em geral, se repetiu para as demais classes de diâmetro, classes de idades e, de forma mais expressiva, pode ser observada para o conjunto total dos dados. Isso se explica pela maior heterogeneidade dos dados quando não estratificam os dados para o ajuste.

Com objetivo de complementar a análise de qualidade do ajuste dos modelos nas estimativas volumétricas, foram utilizadas as mesmas estatísticas calculadas para as estimativas de diâmetros. Essas estatísticas permitem uma análise mais detalhada do desempenho das estimativas ao longo de todo o fuste, uma vez que foram estimados os volumes para cada altura relativa.

As Tabelas 21, 22 e 23 apresentam os valores encontrados para o resíduo percentual (RP), soma de quadrados do resíduo relativo (SSRR), desvio padrão das diferenças (DP) e desvio (D) obtidos para os modelos polinomiais testados. As Tabelas 21, 22 e 23 apresentam apenas os resultados para a classe diamétrica acima de 25,7cm, sendo as demais classes apresentadas nos anexos.

TABELA 21 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm,

POLINÔMIO DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS					
ALTURAS TOTAIS (%)	DESVIOS	DESVIO PADRÃO DAS DIFERENÇAS	SOMA DOS QUADRADOS DOS RESÍDUOS RELATIVOS	RESÍDUO PERCENTUAL	CLASSIFICAÇÃO DA EQUAÇÃO
0	-0,0012	0,0119	0,0088	1,5035	6
1	0,0001	0,0061	0,0028	0,5305	4
2	0,0001	0,0046	0,0018	0,3982	4
3	-0,0002	0,0037	0,0012	0,2762	4
4	-0,0003	0,0036	0,0013	0,2743	4
5	0,0002	0,0123	0,0031	0,1512	7
10	0,0009	0,0143	0,0048	0,2660	4
15	0,0012	0,0317	0,0136	0,4388	4
25	-0,0013	0,0318	0,0154	0,6148	4
35	-0,0013	0,0288	0,0151	0,7364	7
45	-0,0001	0,0134	0,0080	0,9259	4
50	0,0001	0,0126	0,0087	11,853	4
55	0,0007	0,0238	0,0191	15,587	4
65	0,0012	0,0199	0,0192	22,530	4
75	0,0005	0,0130	0,0146	34,872	6
85	0,0002	0,0057	0,0090	64,710	4
95	0,0002	0,0013	0,0034	198,225	4

Os valores obtidos para o desvio (D) foram consideravelmente baixos. O polinômio de potências variáveis foi o que apresentou melhor desempenho no ranking, ocupando a primeira posição na maioria dos casos, exceto a 5% e a 35% da altura total, posições nas quais foi superado pelo polinômio do 5º grau e de Kozak et, al, (1969) respectivamente.

TABELA 22 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE 5º GRAU PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm,

POLINÔMIO DE 5º GRAU					
ALTURAS TOTAIS (%)	DESVIOS	DESVIO PADRÃO DAS DIFERENÇAS	SOMA DOS QUADRADOS DOS RESÍDUOS RELATIVOS	RESÍDUO PERCENTUAL	CLASSIFICAÇÃO DA EQUAÇÃO
0	0,0012	0,0106	0,0077	12,099	6
1	-0,0006	0,0066	0,0037	0,6513	8
2	-0,0010	0,0067	0,0038	0,7491	8
3	-0,0012	0,0070	0,0043	0,8949	8
4	-0,0011	0,0061	0,0036	0,7551	12
5	0,0000	0,0121	0,0031	0,1491	9
10	0,0043	0,0244	0,0129	0,7424	8
15	0,0075	0,0460	0,0268	0,8719	8
25	-0,0015	0,0320	0,0156	0,6260	8
35	-0,0046	0,0361	0,0241	11,718	12
45	-0,0011	0,0153	0,0097	11,512	8
50	-0,0001	0,0127	0,0088	12,207	8
55	0,0023	0,0245	0,0208	15,829	6
65	0,0027	0,0231	0,0231	24,780	8
75	-0,0001	0,0129	0,0154	39,252	8
85	-0,0007	0,0065	0,0145	118,084	12
95	0,0004	0,0021	0,0075	387,465	6

As Tabelas 24 e 25 apresentam os resultados, por classe de diâmetro e classe de idade, para as classificações obtidas pelas equações em cada posição do fuste. De modo a facilitar a visualização dos resultados são apresentadas as porcentagens de vezes que cada equação ocupou a primeira posição. Quando ocorreu das equações apresentarem a mesma nota, foi considerada como empate, cada uma recebendo metade da nota.

Como pode ser observado nas Tabelas 24 e 25, o polinômio de 5º grau obteve os melhores resultados em quase todas as posições da altura relativa, para as demais classes de diâmetro, bem como para diferentes classes de idades e para o conjunto total dos dados, o polinômio de potências variáveis gerou as melhores estimativas.

TABELA 23 - ESTATÍSTICAS DO POLINÔMIO DE KOZAK et al. (1969) PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 25,7 cm,

MODELO DE KOZAK					
ALTURAS TOTAIS (%)	DESVIOS	DESVIO PADRÃO DAS DIFERENÇAS	SOMA DOS QUADRADOS DOS RESÍDUOS RELATIVOS	RESÍDUO PERCENTUAL	CLASSIFICAÇÃO DA EQUAÇÃO
0	0,0039	0,0211	0,0245	38,332	12
1	0,0009	0,0069	0,0038	0,7576	12
2	-0,0004	0,0053	0,0022	0,4480	9
3	-0,0014	0,0078	0,0051	10,804	12
4	-0,0019	0,0103	0,0085	18,603	12
5	-0,0100	0,0547	0,0473	22,804	12
10	-0,0092	0,0506	0,0463	25,321	12
15	-0,0129	0,0741	0,0620	19,588	12
25	-0,0066	0,0430	0,0305	12,091	12
35	0,0000	0,0271	0,0140	0,6760	5
45	0,0021	0,0145	0,0108	11,560	11
50	0,0027	0,0170	0,0145	17,058	12
55	0,0060	0,0363	0,0376	26,378	12
65	0,0048	0,0288	0,0358	36,730	12
75	0,0015	0,0139	0,0164	34,869	11
85	-0,0010	0,0073	0,0185	15,107	12
95	-0,0006	0,0033	0,0314	276,843	12

Isso se deve ao fato do mesmo apresentar um conjunto de potências que são selecionadas durante o ajuste pelo método “*stepwise*”. Esse método escolhe as melhores potências para estimar as diferentes porções da árvore e com isso apresenta maior flexibilidade para descrever o perfil da mesma, sendo essa sua maior vantagem frente aos outros modelos aqui testados,

Para o conjunto total dos dados a equação do polinômio de potências variáveis foi o que estimou com maior qualidade do ajuste os volumes em 71% dos casos, exceto na posição relativas de 1% e 95%, onde o polinômio de 5º grau

ocupou a primeira posição, ocorrendo empate entre o polinômio de potências variáveis e o polinômio de 5º grau nas posições de 5, 45, 50 e 75%.

**TABELA 24 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS DIFERENTES POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DE DIÂMETRO E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS E A PORCENTAGEM INDICANDO QUANTAS VEZES A EQUAÇÃO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO NA ESTIMATIVA DOS VOLUMES,**

ALTURA (%)	CLASSE DIAMÉTRICA						Total
	11,5-16,2	16,2-18,5	18,5-20,9	21-23,2	23,3-25,6	>25,7	
0	P/Q	Q	Q	Q	P/Q	P/Q	Q
1	P	P/Q	P	P	P	P	P
2	P	P	P	P/Q	P	P	P
3	P	P	P	P	P	P	P
4	P	P	P	Q	P	P	P
5	Q	P	P	P	Q	Q	P/Q
10	P	P	P	P	P	P	P
15	P	P	P	P	P	P	P
25	P	P/Q	P	P	P	P	P
35	K	P	P	P	P/K	K	P
45	P	P	P	P	P	P	P/Q
50	P	P/Q	P	P	Q	P	P/Q
55	P	P	P	P/Q	P	P	P
65	P	P	P	P/Q	P	P	P
75	P	P/Q	K	P/Q	P/Q	P	P/Q
85	P	K	P	P	P	P	K
95	P	Q	Q	Q	Q	P	Q
Potência (P)	85%	71%	82%	71%	74%	85%	71%
Quinto Grau (Q)	9%	24%	12%	29%	24%	9%	24%
Kozak (K)	6%	6%	6%	0%	3%	6%	6%

Em relação aos resultados obtidos por classe por idade, em todas elas o polinômio de potências variáveis apresentou maior qualidade do ajuste nas estimativas dos diâmetros ao longo do fuste. Como pode ser observado na Tabela 25, esse polinômio foi o que apresentou resultados iguais ou superiores a 59%, Assim como nas estimativas dos diâmetros, observa-se que nas menores porções do fuste, onde ocorrem as maiores irregularidades no perfil, o polinômio de potências variáveis mostrou maior eficiência nas estimativas, tanto de diâmetro como de volume.



O polinômio de Kozak et al,(1969) apresentou baixa pontuação, sempre mostrando resultados iguais ou menores do que 6%. Isso comprova a baixa flexibilidade desse modelo em se ajustar aos dados.

TABELA 25 - CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS NAS DIFERENTES POSIÇÕES DO FUSTE POR CLASSE DE IDADE E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS E A PORCENTAGEM INDICANDO QUANTAS VEZES A EQUAÇÃO OCUPOU A PRIMEIRA POSIÇÃO NA ESTIMATIVA DOS VOLUMES,

ALTURA (%)	IDADE (anos)											Total
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
0	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	P	Q	Q	Q
1	P	P	P	P	P	P	Q	P	P	P	P	P
2	K	P	K	K	P	P	P	P	P	P	P	P
3	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
4	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
5	P	Q	P	Q	P	P	Q	P	P	Q	P	P/Q
10	Q	Q	Q	P	P	P	P	P	P	P	P	P
15	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
25	P/Q	Q	Q	Q	P/Q	Q	Q	P/Q	P	P	P	P
35	P	Q	P	P	P	K	P	P/K	K	K	K	P
45	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P/Q
50	Q	P/Q	P	Q	P/Q	Q	Q	P/Q	Q	Q	P	P/Q
55	P/Q	P/Q	P	P	P	Q	P/Q	P	P	Q	P	P
65	Q	P/Q	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
75	P	P	P	Q	P/Q	Q	P/Q/K	P	P/Q	P	P	P/Q
85	P	P	Q	P	P	P	P	P	P	P	P	K
95	Q	P	P	Q	P	Q	P	Q	P	Q	Q	Q
Potência (P)	59%	62%	71%	59%	85%	59%	64%	79%	85%	65%	82%	71%
Quinto Grau (Q)	35%	38%	24%	35%	15%	35%	34%	18%	9%	29%	12%	24%
Kozak (K)	6%	0%	6%	6%	0%	6%	2%	3%	6%	6%	6%	6%

#### 4.5 VALIDAÇÃO DAS EQUAÇÕES SELECIONADAS

A fim de validar as equações selecionadas para obtenção das estimativas dos diâmetros e dos volumes ao longo do fuste foi aplicado o teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ), para o conjunto de dados separados para esse fim. Nas Tabelas 26 e 27 são apresentados os resultados obtidos para o  $\chi^2$ , as frequências por classe de diâmetro, classe de idade e para o conjunto total dos dados.

A equação utilizada para validação das estimativas de diâmetro e volume foi a de potências variáveis, para todas as classes de diâmetro e idade e para o

conjunto total dos dados. A única exceção foi a classe de diâmetro de 11,5 a 16,2 cm onde foi utilizado o polinômio de 5º grau, por este ter sido o que apresentou melhor ajuste.

TABELA 26 - VALORES DE  $\chi^2$ , FREQUÊNCIA, GRAUS DE LIBERDADE E ERRO PADRÃO DAS ESTIMATIVAS EM PORCENTAGEM POR CLASSES DE DIÂMETRO E PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

NÚMERO DA CLASSE	CLASSE DE DIÂMETRO (cm)	NÚMERO DE ÁRVORES	GRAUS DE LIBERDADE	$\chi^2$	ERRO PADRÃO $S_{yx}\%$
1	11,5 - 16,2	9	8	0,0031 <sup>ns</sup>	14,89
2	16,2 - 18,5	11	10	0,0115 <sup>ns</sup>	21,28
3	18,5 - 20,9	9	8	0,0217 <sup>ns</sup>	24,13
4	21,0 - 23,2	6	5	0,0049 <sup>ns</sup>	9,13
5	23,3 - 25,6	3	2	0,0461 <sup>ns</sup>	35,74
6	> 25,7	4	3	0,0368 <sup>ns</sup>	22,31
TOTAL		42	36	0,1489 <sup>ns</sup>	54,82

ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade

TABELA 27 - VALORES DE  $\chi^2$ , FREQUÊNCIA, GRAUS DE LIBERDADE E ERRO PADRÃO DAS ESTIMATIVAS EM PORCENTAGEM POR CLASSES DE IDADE.

NÚMERO DA CLASSE	CLASSE DE IDADE	NÚMERO DE ÁRVORES	GRAUS DE LIBERDADE	$\chi^2$	ERRO PADRÃO $S_{yx}\%$
1	8	4	3	0,0028 <sup>ns</sup>	10,77
2	9	3	2	0,0008 <sup>ns</sup>	7,86
3	10	5	4	0,0074 <sup>ns</sup>	16,82
4	11	4	3	0,0027 <sup>ns</sup>	9,57
5	12	5	4	0,0003 <sup>ns</sup>	3,06
6	13	3	2	0,0093 <sup>ns</sup>	20,60
7	14	3	2	0,0093 <sup>ns</sup>	18,22
8	15	4	3	0,0014 <sup>ns</sup>	5,54
9	16	3	2	0,0051 <sup>ns</sup>	11,06
10	17	4	3	0,0056 <sup>ns</sup>	15,95
11	18	4	3	0,1010 <sup>ns</sup>	51,22

ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Como podem ser verificados nas Tabelas 26 e 27, os valores de  $\chi^2$  são não significativos ( $p \geq 0,05$ ) para todas as situações. Isso indica que não existem evidências estatísticas de que os valores estimados pelas equações ajustadas, tanto para os diâmetros como para os volumes, diferem dos valores reais. Dessa forma as equações selecionadas podem ser utilizadas para a obtenção de estimativas dos

diâmetros e dos volumes por classe de diâmetro, de idade e para o conjunto total dos dados.

Nas Tabelas 26 e 27 são apresentados os erros padrão das estimativas em porcentagem entre os volumes reais e os volumes estimados, para cada classe de diâmetro, de idade e para o conjunto total dos dados. O erro padrão da estimativa variou de 9,13 a 35,4% para as classes de diâmetros e de 3,06 a 54,82% para as classes de idade. O conjunto total dos dados apresentou um erro padrão da estimativa na ordem de 54,83%. Isso confirma que a estratificação dos dados é de significativa importância para confiabilidade do modelo.

Como podem ser observados nas referidas tabelas, os menores erros padrão das estimativas foram obtidos para as classes diamétricas de 11,5 a 16,2 cm (14,89%) e 21,0 a 23,2 cm (9,13%), Quando se consideram as classes de idade, verifica-se que os erros padrões das estimativas foram menores do que quando comparados com os obtidos para as classes de diâmetro, Para as idades de 9, 11, 12 e 15 anos foram encontrados os valores de 7,86%, 9,57%, 3,06% e 5,54% respectivamente.

O maior erro padrão da estimativa ocorreu na classe de diâmetro de 23,3 a 25,6 cm, com valor de 35,74%, Para as classes de idade o maior erro foi encontrado na idade de 13 anos, com valor de 20,60%.

#### 4.6 EVOLUÇÃO DO PERFIL POR IDADE

Alguns autores afirmam que com o decorrer da idade, muitas mudanças ocorrem na forma do tronco das árvores o que em geral as torna mais cilíndricas.

Esse tópico buscou apresentar a mudança da forma do tronco das árvores, utilizadas nesse, estudo com o decorrer da idade.

Observou-se, contudo que nas idades mais jovens (8 - 14 anos) a mudança da forma é bastante rápida enquanto que nas idades mais avançadas (16 - 18 anos) a forma das árvores muda mais lentamente tendendo a estabilizar-se.

Burguer et al. (1980) mostra em um trabalho de pesquisa com povoamentos

de *Araucaria angustifolia*, que a forma dessas árvores torna-se cada vez mais cilíndrica com o aumento da idade e isso pode ser constatado pelo fato dos quocientes de forma da base das árvores permanecerem relativamente constantes com o aumento da idade, enquanto os quocientes de forma para as partes mais superiores das árvores continuam em crescimento.

Segue abaixo o Gráfico 12, no qual é possível visualizar a evolução do perfil do fuste com o aumento da idade.

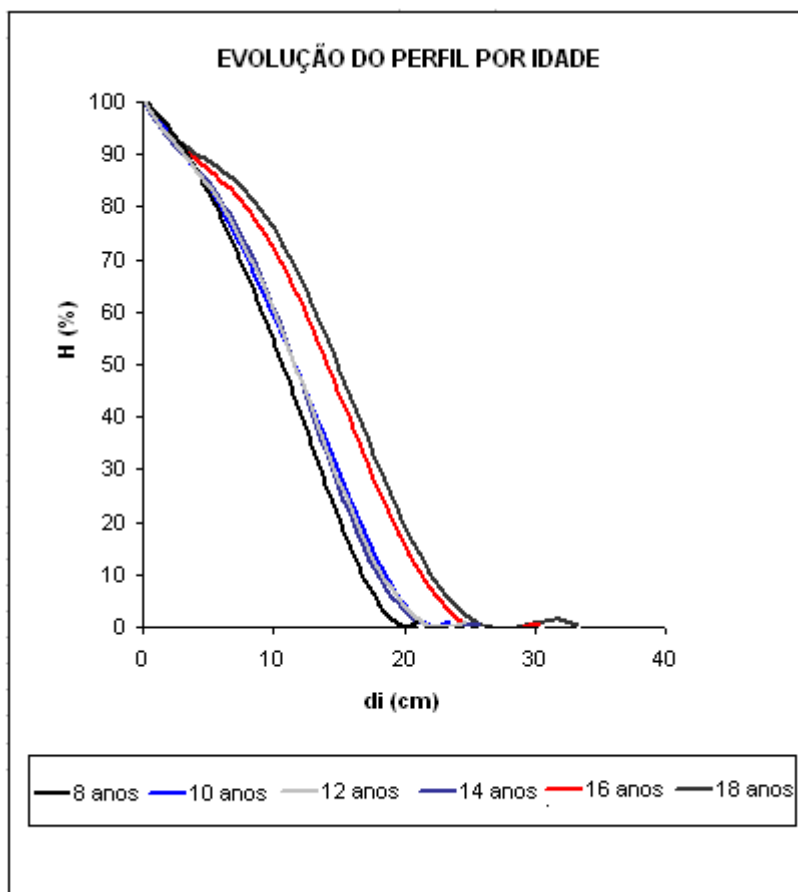


FIGURA 12 - GRÁFICO DA EVOLUÇÃO DO PERFIL DO FUSTE POR IDADE.

#### 4.7 APLICAÇÃO DO MELHOR MODELO PARA UMA ÁREA EM SENGÉS-PR

Após selecionar a melhor equação ajustada para o conjunto total dos dados, 400 árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, foi aplicado os coeficientes da mesma, para estimativa dos diâmetros ao longo do fuste para 52 árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* plantadas na região de Sengés-PR, a fim de avaliar a qualidade das estimativas obtidas para esta região, a qual possui características bem diferentes da área alvo do estudo.

As 52 árvores cubadas na região de Sengés-PR possuem idades variando de 12 à 15 anos, DAP médio igual 23,15 cm e altura total média 20,62 m, para essa amostra de dados foi aplicada a equação de potência variáveis ajustada para o conjunto total das 400 árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

Os coeficientes da equação utilizada, bem como as estatísticas indicativas da qualidade do ajuste seguem na Tabela 28.

TABELA 28 – COEFICIENTES ESTIMADOS PARA O MODELO POLINOMIAL DE POTÊNCIAS VARIÁVEIS, COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO E ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA (%).

COEFICIENTES UTILIZADOS PARA ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS								
$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$	$R^2$	$S_{yx}(\%)$
1,348	1,473	-0,42	-1,95	0,802	0,337	-1,535	0,9819	9,9330
	0,7	5	0,3	4	0,005	2		

Em seguida foi construído o gráfico de distribuição dos resíduos, com objetivo de avaliar a existência de tendenciosidades em super ou sub-estimativas os dis ao longo do fuste.

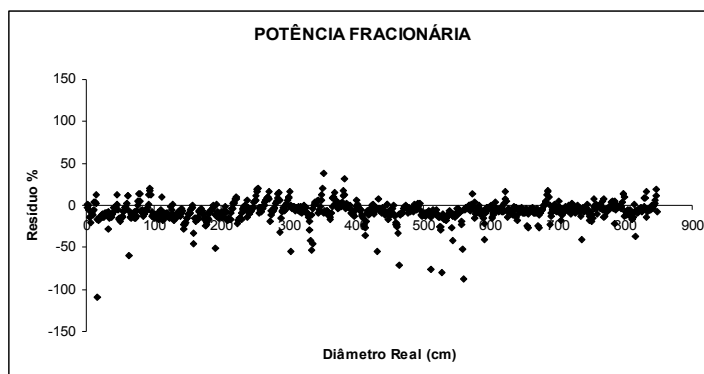


FIGURA 13 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA ESTIMATIVA DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE.

O Gráfico 13 apresenta a distribuição dos resíduos em relação a média, e observa-se que apesar das diferentes condições de crescimento e amplitude de idades, os indicadores estatísticos se mostraram satisfatórios, porém vale ressaltar que para utilização da equação análise estatísticas que avaliem o desempenho da estimativa ao longo do fuste de forma mais precisa deverão ser realizados.

O objetivo, contudo desse tópico foi apresentar que, se parametrizados os dados de forma mais acurada, poderão ser utilizadas equações ajustadas para determinadas regiões em outra com características edafo-climáticas pouco semelhantes.

## 6 CONCLUSÕES

O ajuste de três modelos de equação para os dados coletados de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, em onze idades diferentes permitiu concluir que:

- O polinômio de Kozak et. al (1969) apresentou os menores valores do coeficiente de determinação ( $R^2$  ajustado);
- Tanto para as classes de diâmetro como para as classes de idades estudadas, o polinômio de potências inteiras e fracionárias apresentou melhores ajustes do que o polinômio de 5º grau e do que modelo de Kozak et al (1969);
- A equação proposta por Kozak et. al (1969) apresentou forte tendência, superestimando os diâmetro na ponta fina;
- Para os três estratos estudados, o polinômio de potências inteiras e fracionárias foi o que apresentou as melhores estimativas para os diâmetros em diferentes alturas, principalmente na base do fuste;
- Para as porções médias do fuste, a estratificação por idade apresentou melhores resultados, mais próximos dos reais, o que comprova a mudança na forma da árvore com o passar dos anos;
- O polinômio de potências inteiras e fracionárias apresentou os melhores resultados para estimativa de volume em todas as classes de diâmetro, classes de idade e para o conjunto total dos dados, exceto na classe de 11,5 a 16,2 cm, onde o polinômio de quinto grau foi mais exato;
- Para o conjunto total dos dados, o polinômio de potências inteiras e fracionárias foi o que estimou com maior exatidão os volumes;
- Tanto para as estimativas de diâmetros como para as estimativas de volumes, observou-se que nas porções mais baixas do fuste, onde ocorrem as maiores irregularidades no perfil da árvore, o polinômio potências inteiras e fracionárias mostrou maior exatidão;

- Para a altura relativa de 95%, o polinômio de quinto grau foi mais exato na maioria das classes de diâmetro e de idade, sendo que no conjunto total dos dados foi tão exato quanto o polinômio de potências inteiras e fracionárias para estimar os diâmetros, sendo superior para as estimativas de volumes nessa porção da árvore;
- O teste Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) revelou, nos três estratos avaliados, não existirem diferenças significativas entre os valores reais e os valores estimados pelas equações ajustadas, validando o uso das equações ajustadas para obtenção de estimativas dos volumes nas diversas porções da árvore.
- Ao plotar os dados ajustados por idade em um gráfico foi possível avaliar a evolução do perfil do fuste com o decorrer da idade, e observar que nas idades mais jovens a mudança na forma do fuste é mais rápida, e nas idades mais velhas observa-se que o fator de forma tende a estabilizar-se.
- Com a aplicação da equação ajustada para o conjunto das 400 árvores cubadas na região de Minas Gerais e utilizadas para o conjunto das 52 árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região de Sengés-PR os indicadores estatísticos foram satisfatórios, porém para garantir a qualidade das estimativas os dados devem ser melhor parametrizados.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, S.; HOLBERT, D. **Uma função para forma de tronco e volume de *Pinus taeda* L.** In: Boletim de pesquisa florestal, unidade regional de pesquisa floresta Centro-Sul, EMBRAPA, 03, 1981 .p. 37 – 68.

ARCE, J.E. **Um sistema de análise, simulação e otimização do sortimento florestal em função da demanda por multiprodutos e dos custos de transporte.** Curitiba: UFPR – setor de Ciências Agrárias, 2000, 125p. (Tese – Doutorado em Engenharia Florestal)

ASSMAN, E. L. **The principles of Forest yield study.** New York, Pergamon Press. 506p. 1970.

ASSIS, A. L. de **Avaliação de modelos polinomiais segmentados e não segmentados na estimativa de diâmetros e volumes comerciais de *Pinus taeda*.** 2000. 1989 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ASSIS, A. L.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO J.; M.; OLIVEIRA A. D. **Avaliação de modelos polinomiais não-segmentados na estimativa de diâmetros e volumes Comerciais de *Pinus taeda*.** Ciência Florestal, v. 12, n. 1, p. 89 – 107, 2002. Santa Maria.

CAMPOS, J.C.C.; ZUNCONI, J.M.; RIBEIRO, J.C. **Teste de um novo modelo para expressar “taper”.** In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: o uso de funções de forma de tronco em estudos de volumetria de espécies florestais, 5., 1982, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EMBRAPA/ URPFCs, 1982. p. 47-50.

CAMPOS, J. C. C.; RIBEIRO, J. C. **Avaliação de dois modelos de taper em árvores de *Pinus patula*.** Revista Árvore, v. 6, n. 2, p. 140-149, 1982.

EISFELD, R. L. ; MELLO, A. A.; SANQUETTA. C. R.; WEBER. K. S. **Avaliação de modelos polinomiais na estimativa de volume total e por sortimento de *Pinus taeda*.** Brasil Florestal, n. 79, p. 9-15, 2004

FIGUEIREDO FILHO, A. **Influência da Resinagem no Crescimento de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* e sua Avaliação Econômica.** Curitiba: UFPR – Setor de Ciências Agrárias, 1991, 138p. (Tese – Doutorado em Engenharia Florestal)

FINGER, C.A.G.; ZANON, M.L.B.; SCHNEIDER, P.R.; *et al.* **Funções de forma para *Eucalyptus dunnii* Maiden, implantados na depressão central e encosta sudeste do Rio Grande do Sul.** *Ciência Rural*, Santa Maria, v.25, n.3, p. 399-403,1995.

FISCHER, F. **Eficiência dos modelos polinomiais e das razões de volume na estimativa volumétrica dos sortimentos e do perfil do fuste de *Pinus taeda*.** 1997. 167p. Dissertação (Mestrado em Engenharia

GARCIA, S. L. R.; LEITE, H. G.; YARED, J. A. G. **Análise do perfil do tronco de morototó (*Didymopanax morototonii*) em função do espaçamento.** In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO e CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura e Sociedade Brasileira de Engenheiro Florestais. 1993. v. 2, p. 485-491.

GOLFARI, L. Coníferas aptas para reprobaciones forestales em el Estado de São Paulo. **Silvic. S. Paulo**, São Paulo, v. 6 p. 7-62, 1967.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do estado de Minas Gerais para reflorestamento.** Belo Horizonte: Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal, centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65 p. (Série Técnica PRODEPEF, 3).

GUIMARÃES, D. P.; LEITE, H. G. Um novo modelo para descrever o perfil do tronco. **Revista Árvore**, v. 16, n. 2, p. 170-180, 1992.

HRADETZKY, J. **Analyse und interpretation statistischer abränger Keiten. (Biometrische Beiträge zu aktuellen forschungs projekten).** Baden: Württemberg Mitteilungen der FVA, 1976. 146 p. (Abt. Biometric und Informatik, 21).

HUSCH, B; MILLER, C.L.; BEERS, T.E. **Forest mensuration.** 3. ed New York: J. Willey & Sons, 1982. 397p.

KRONKA, F. J. N., BERTOLANI, F., PONCE, R., H. **A Cultura do *Pinus* no Brasil,** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 156 p.

LARSON, P. R. Stem form developd of forest tree. **Forest Science Monograph**, Washington, p. 1-41, 1963.

BURGUER R, D., HOSOKAWA, R. T., MACHADO, S. A. **Desenvolvimento da forma da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** In: Problemas Florestais do Gênero Araucaria. Encontro da IUFRO. Curitiba. p. 320 – 329. 1980

MACHADO, S. A. **Influência da idade na forma do fuste de *Araucaria angustifolia* em plantações no Brasil.** In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: O uso de funções de forma de tronco em estudo de volumetria de espécies florestais, 5, Curitiba, 1982. Anais...Curitiba: EMBRAPA, 1982. p. 51–55 (Documento 9).

MENDONÇA A. R.; SILVA G. F.; ARCE J. E.; MAESTRI R. **Avaliação de um sistema para otimização do sortimento de *Eucalyptus* sp.** Ciência Florestal, v. 18, n. 2. p. 247-258. abr – jun,. 2008. Santa Maria.

MOURA, J. B. **Estudo da forma do fuste e comparação de métodos de estimativa volumétrica de espécies florestais da Amazônia brasileira.** Curitiba, Setor de Ciências Agrárias, U.F.P.R, 1994, 114p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais).

PIENNAR, L. V. **Quantitative theory of forestry growth.** Washington, 1965. 167 p. (Phd Thesis) – University of Washington.

SCHNEIDER, P. R. et al. **Forma de tronco e sortimentos de madeira de *Eucalyptus grandis* Maiden para o estado do Rio Grande do Sul.** Ciência Florestal, v. 6, n. 1, p. 79-88, 1996.

SCHIMIZU, J. Y., **Cultivo do Pinus**, Sistema de Produção. Embrapa Florestas, v. 5, 2005.

PRODAN, M. et al. **Mensura Forestal.** San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Instituti Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1997. 586p.

QUEIROZ, D. **AVALIAÇÃO DE FUNÇÕES DE AFILAMENTO E SORTIMENTOS PARA *Mimosa scabrella* Bentham EM POVOAMENTOS NATIVOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA/PR**, Curitiba, Setor de Ciências Agrárias, U.F.P.R, 2006, 134p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Florestais).

RIOS, M.S. **A Eficiência das Funções Polinomiais, da Função Spline Cúbica, e Razões de Volume para Representar o Perfil da Árvore e Estimar os Sortimentos de *Pinus elliottii***. Lavras: UFLA, 1997. 116p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal).

SCOLFORO, J.R.S. **Mensuração Florestal**; Módulo 2; Volumetria. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993.

SCOLFORO, J.R.S. **Mensuração Florestal**; Módulo 3; Relações Quantitativas, em Volume, Peso e a Relação Hipsométrica. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993.

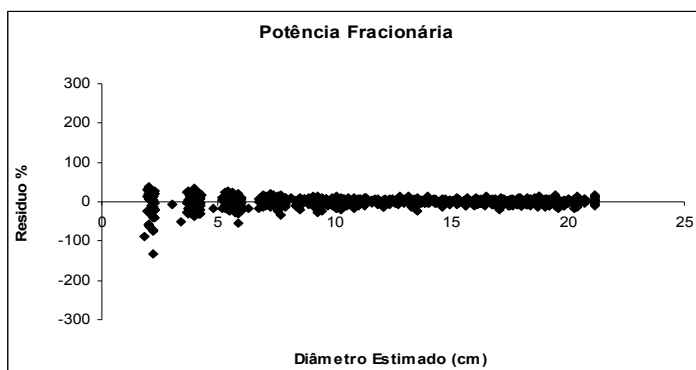
SCOLFORO, J.R.S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria Florestal**: medição e volumetria de árvores. Lavras: UFLA0/FAEPE, 1998. 310p.

SILVA, J. A. **Funções de Forma dos Troncos de *Pinus taeda*, *Pinus excelsa*, *Abies alba* e *Pinus silvestre*** In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS: O uso das funções de forma de tronco em estudo de volumetria de espécies florestais, 5, 1981, Curitiba (PR). Anais... Curitiba: 1982. p.29 – 45. (Documentos, 9).

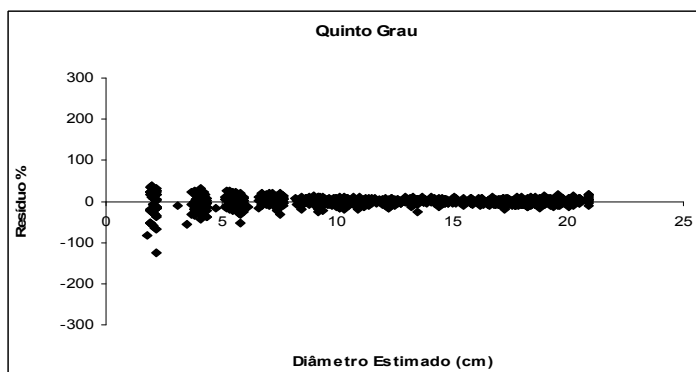
ROSOT, M.A.D. **Estudo comparativo de métodos para avaliação volumétrica para unidade de área em povoamentos de *Pinus taeda* L.** Curitiba: UFPR, 1989. 163P. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal)

**ANEXOS**

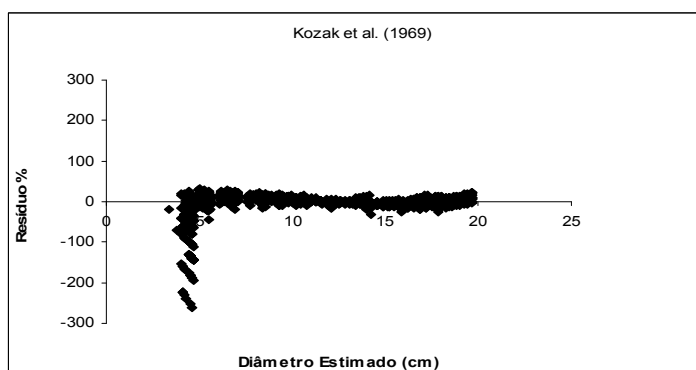
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

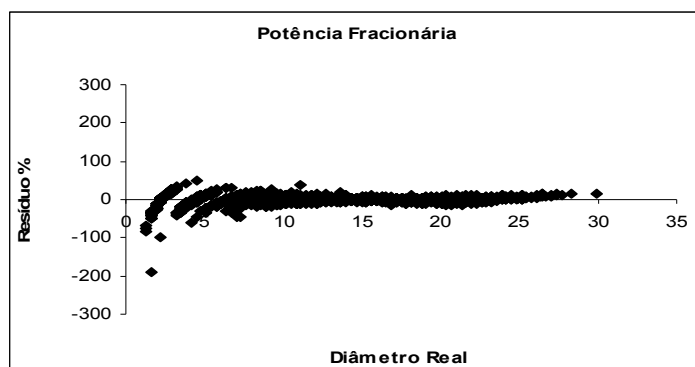


## Kozak et. al (1969)

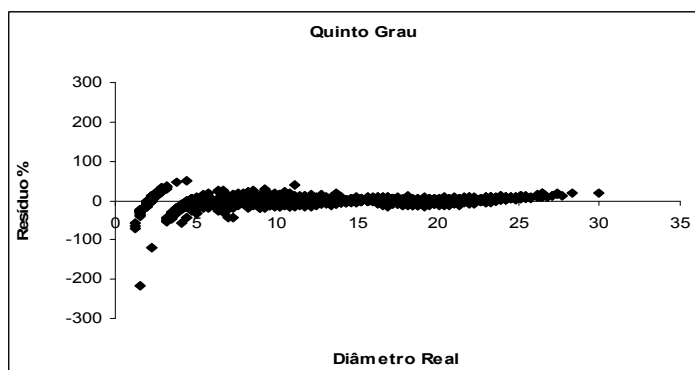


ANEXO 01 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 11,5 A 16,2 cm.

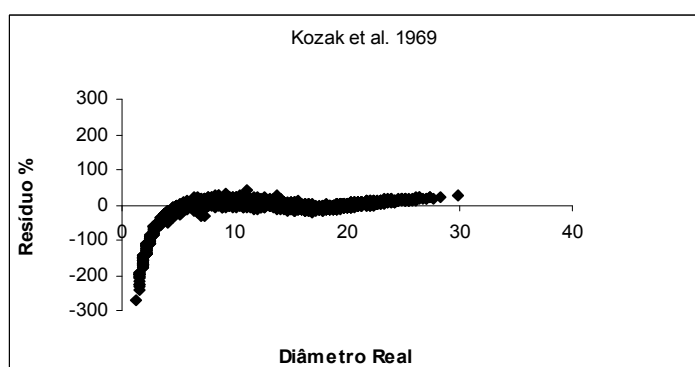
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

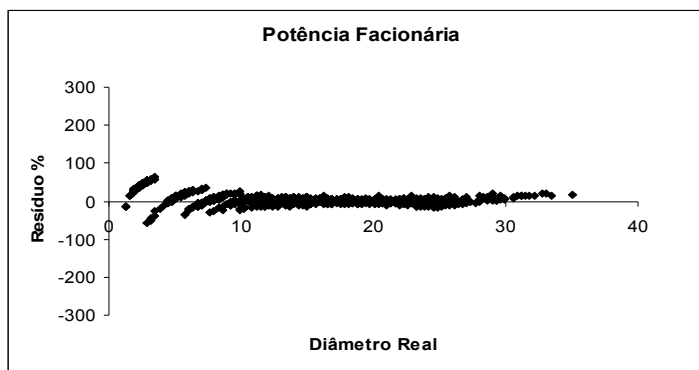


### Kozak et. al (1969)

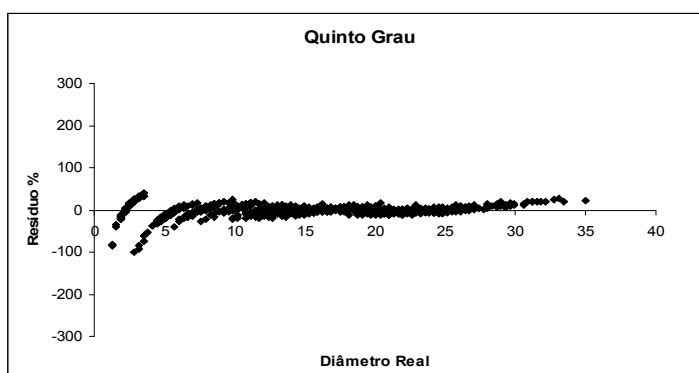


ANEXO 02 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 16,2 A 18,5 cm.

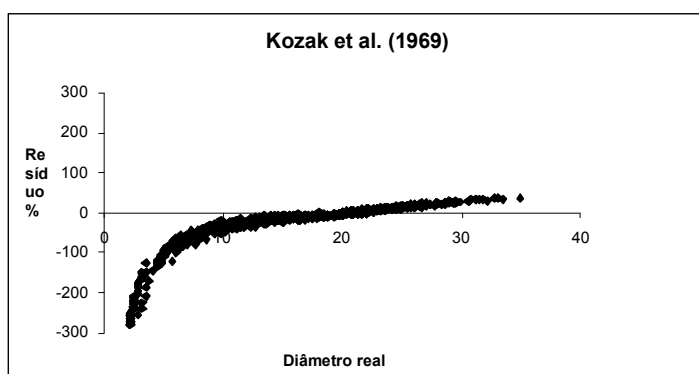
### Potência Fracionária



### Quinto Grau



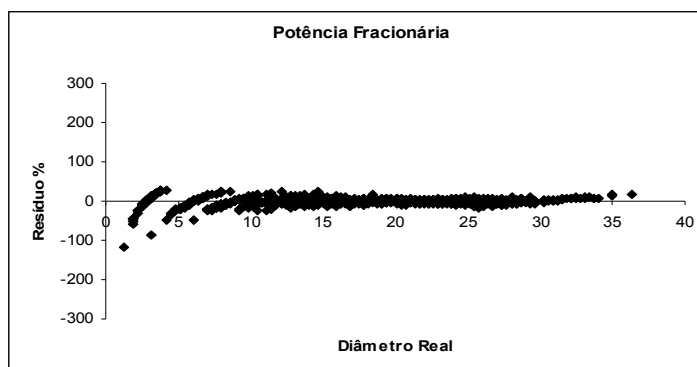
### Kozak et. al (1969)



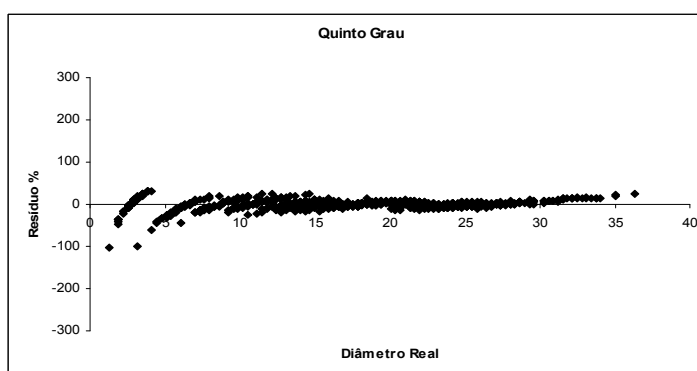
ANEXO 03 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 18,3 A 20,9 cm.



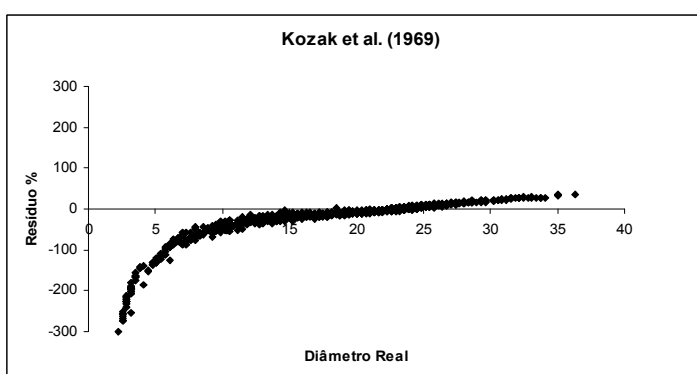
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

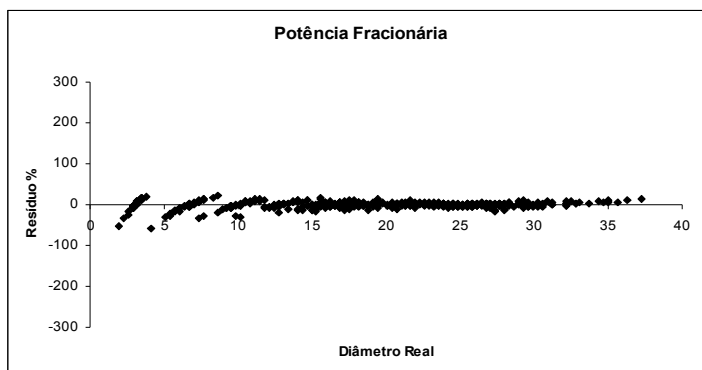


### Kozak et. al (1969)

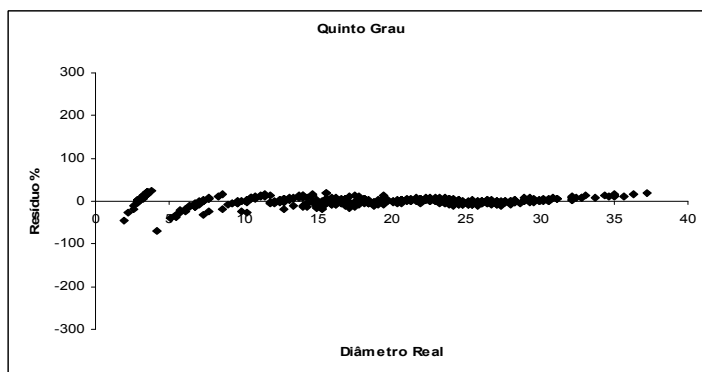


ANEXO 04 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 20,9 A 23,3 cm.

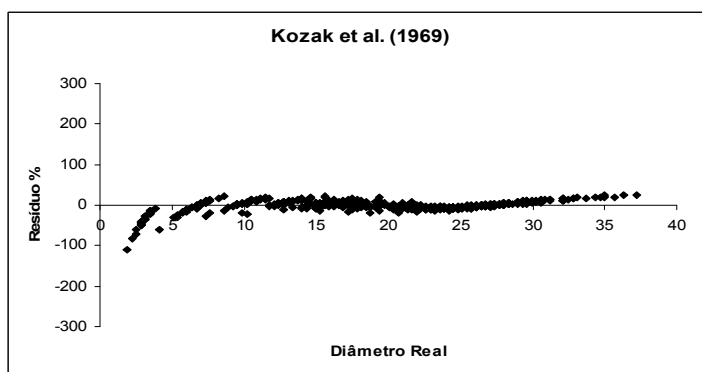
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

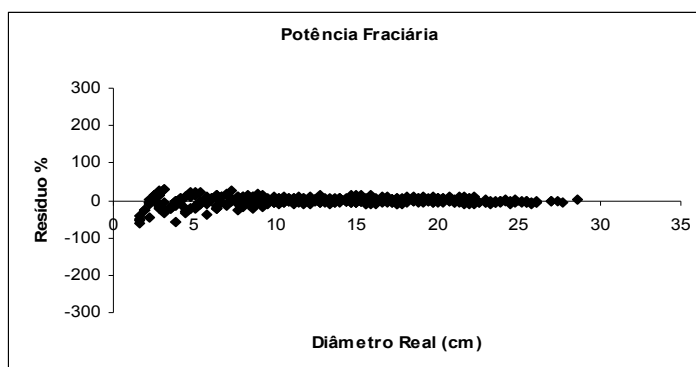


### Kozak et. al (1969)

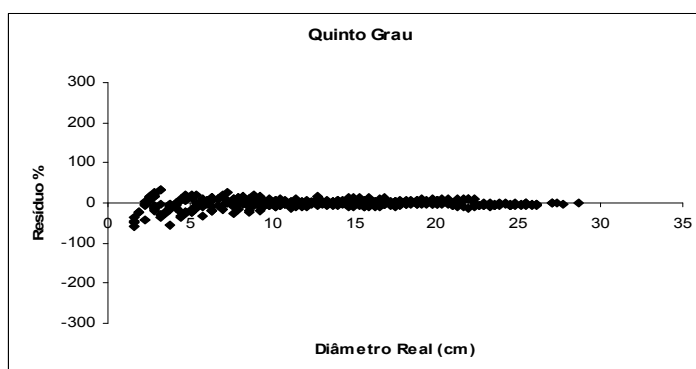


ANEXO 05 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 23,3 A 25,6 cm.

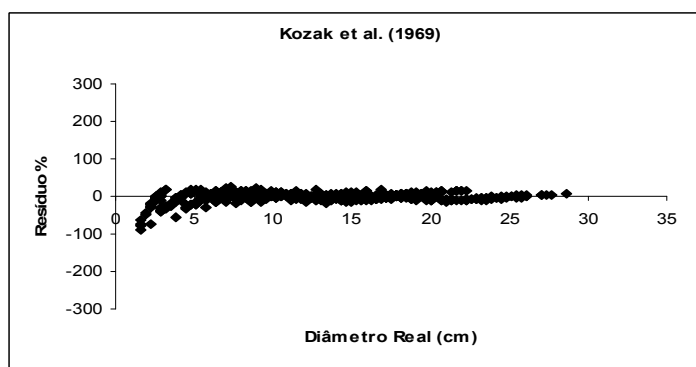
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

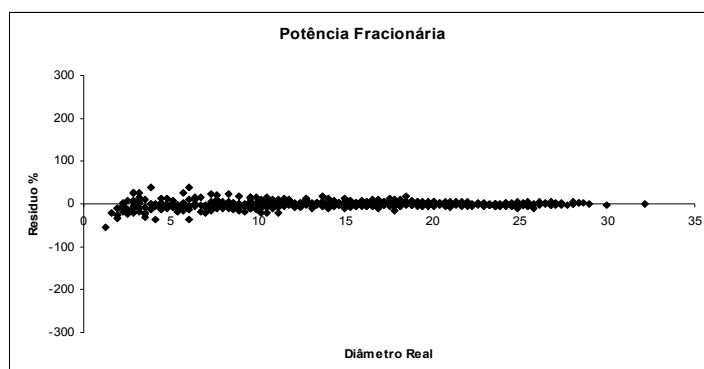


## Kozak et. al (1969)

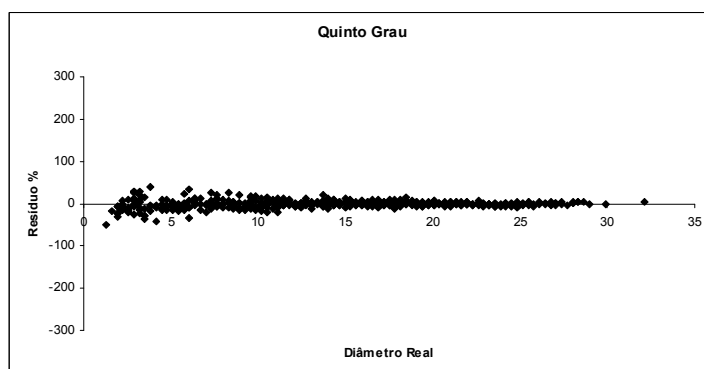


ANEXO 06 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 8 ANOS.

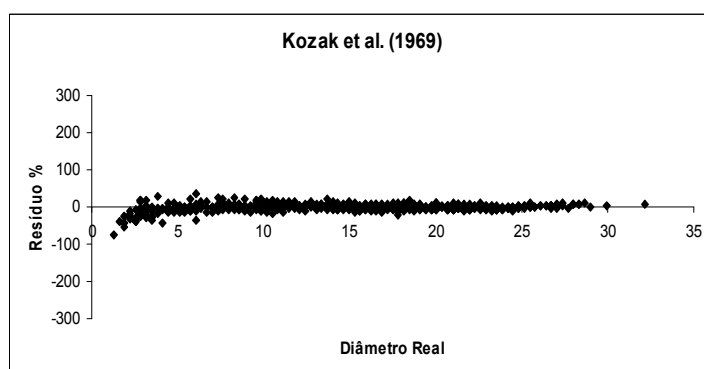
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

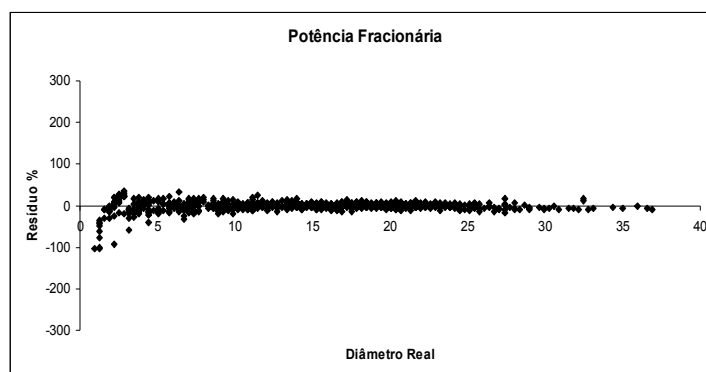


### Kozak et. al (1969)

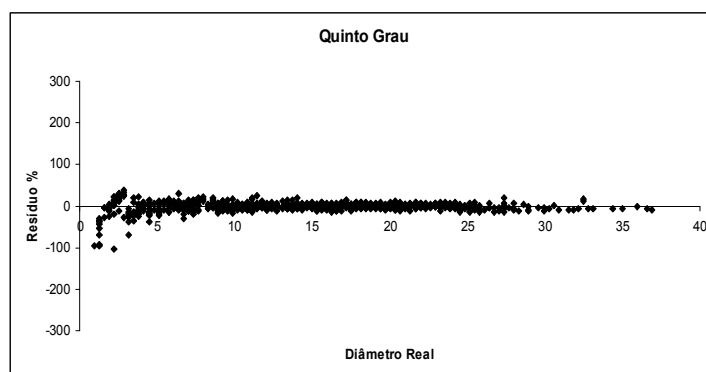


ANEXO 07 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 9 ANOS.

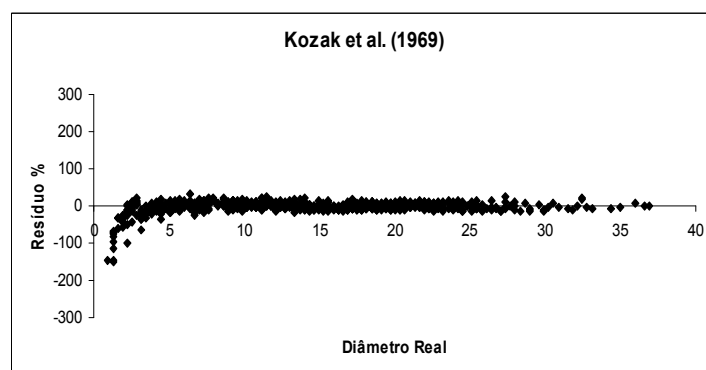
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

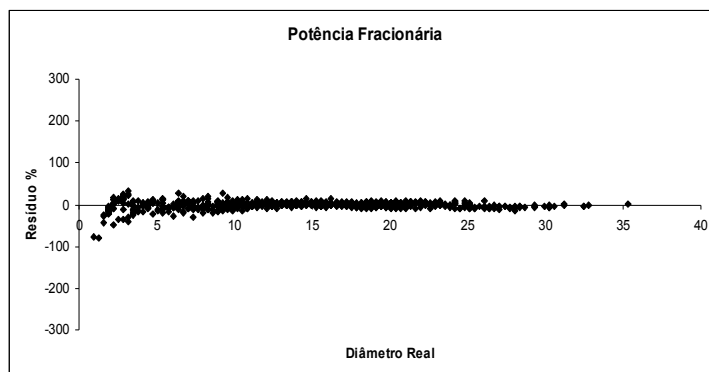


### Kozak et. al (1969)

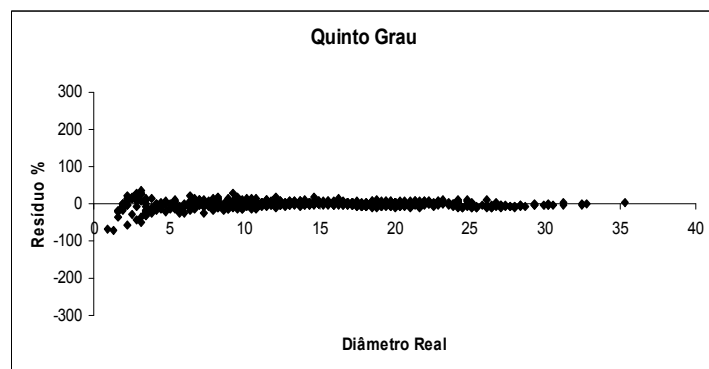


ANEXO 08 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 10 ANOS.

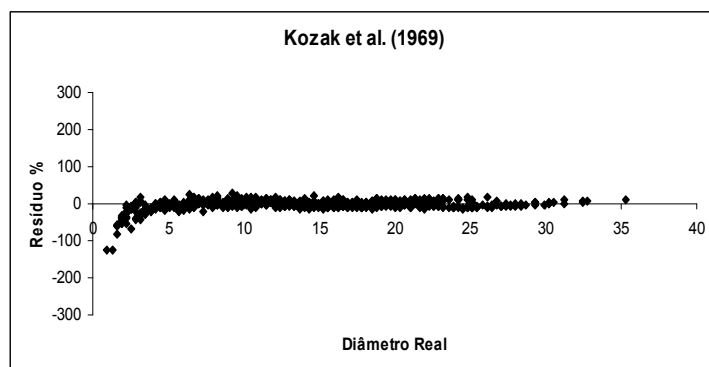
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

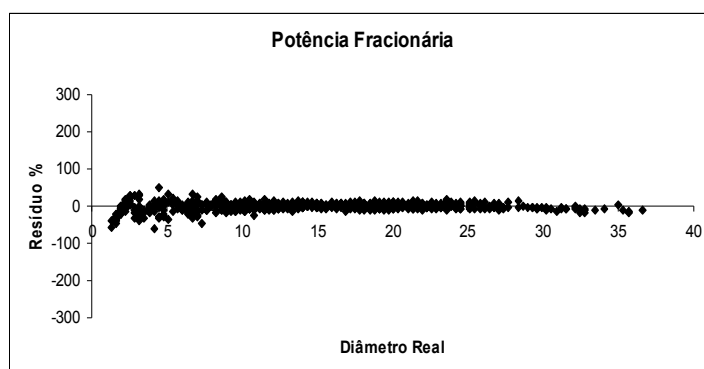


### Kozak et. al (1969)

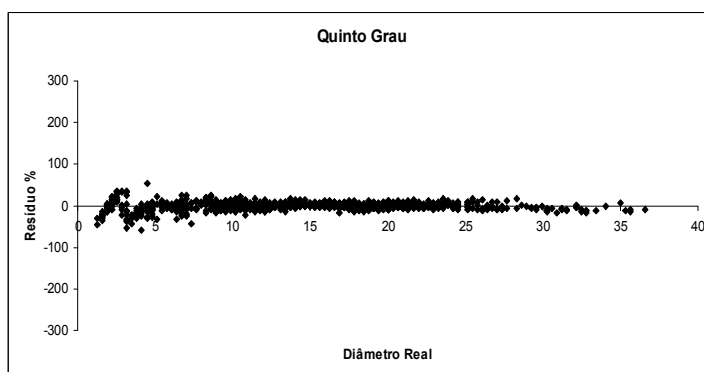


ANEXO 09 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 11 ANOS.

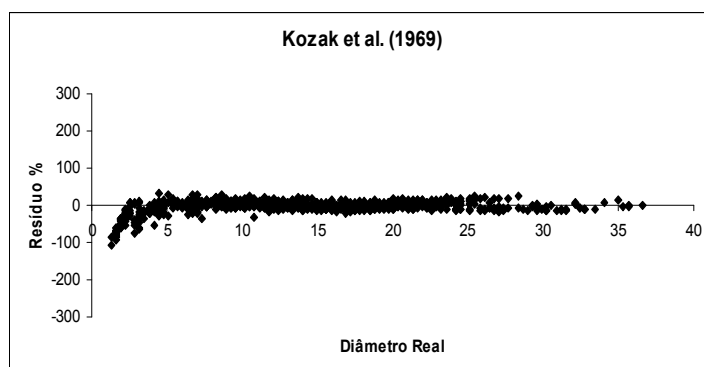
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

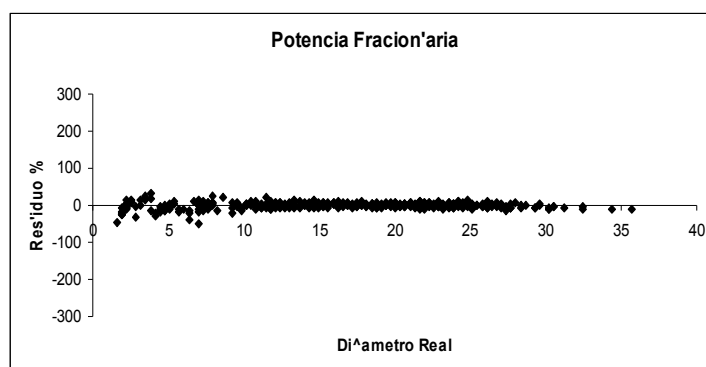


## Kozak et. al (1969)

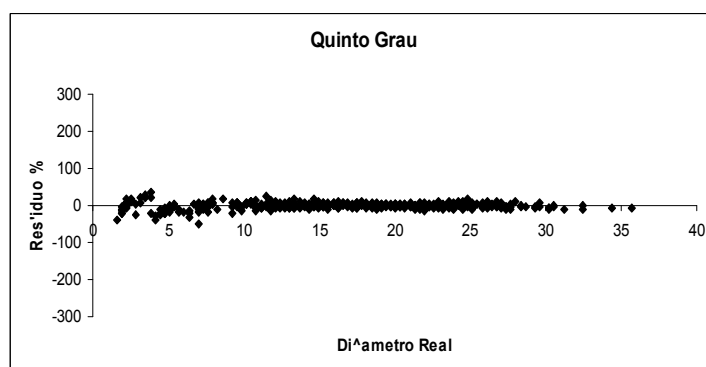


ANEXO 10 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 12 ANOS.

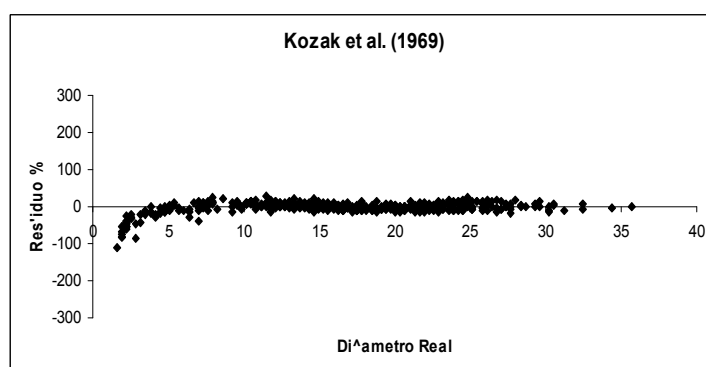
### Potência Fracionária



### Quinto Grau



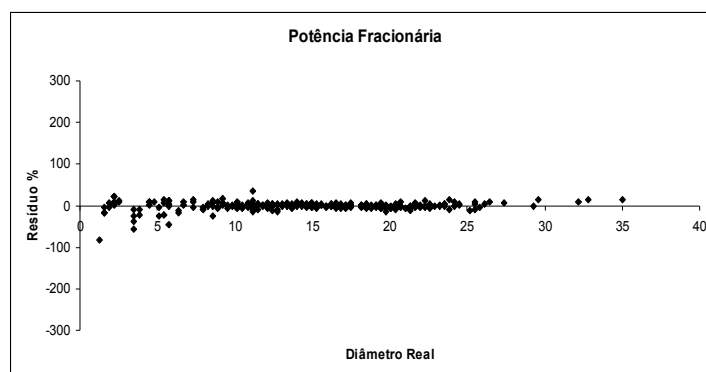
### Kozak et. al (1969)



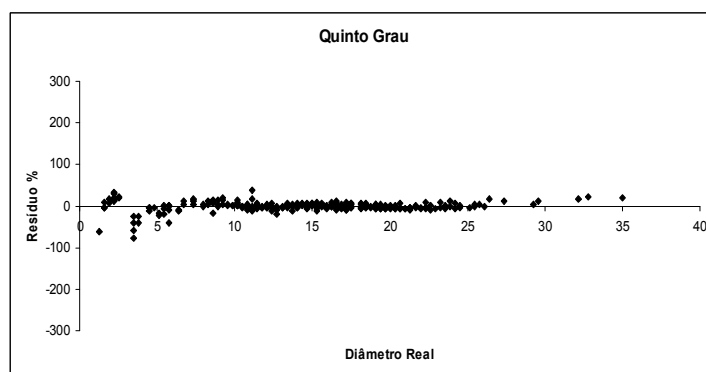
ANEXO 11 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 13 ANOS.



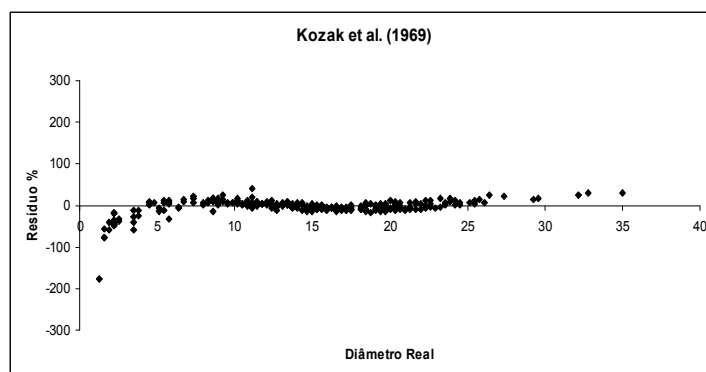
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

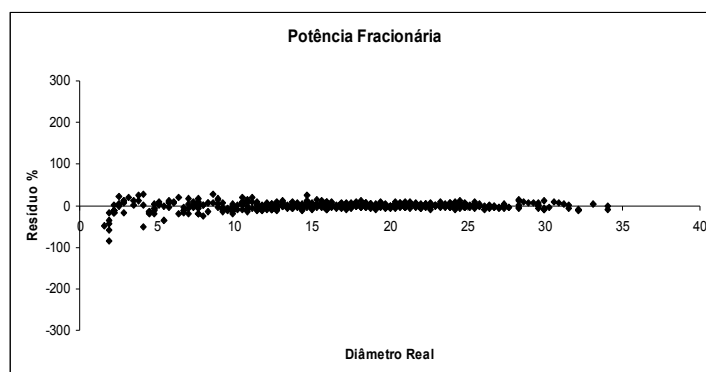


### Kozak et. al (1969)

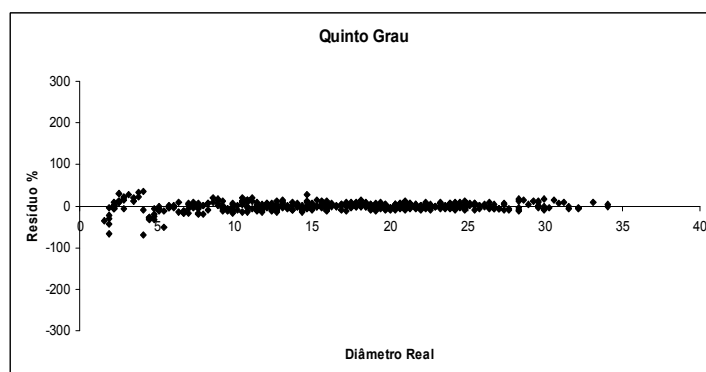


ANEXO 12 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 14 ANOS.

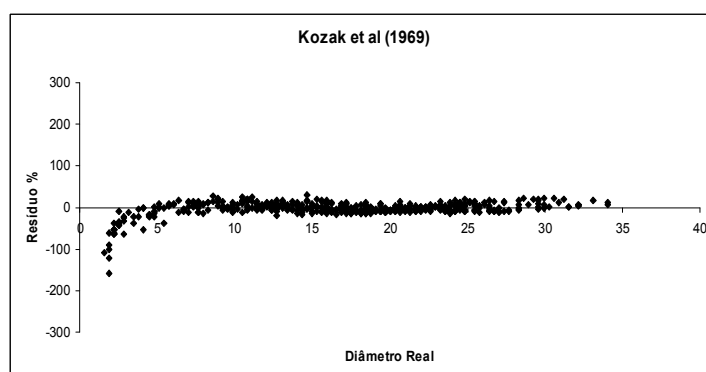
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

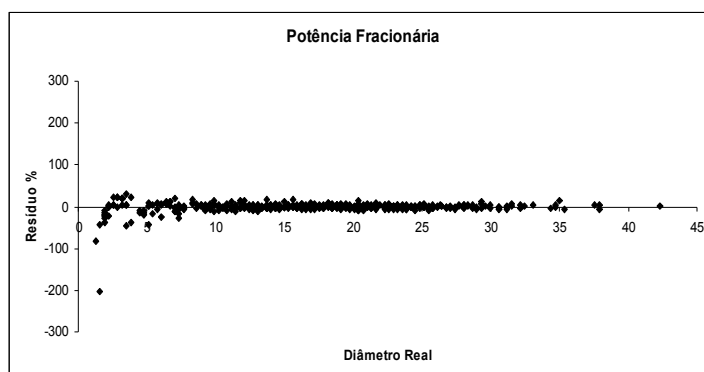


## Kozak et. al (1969)

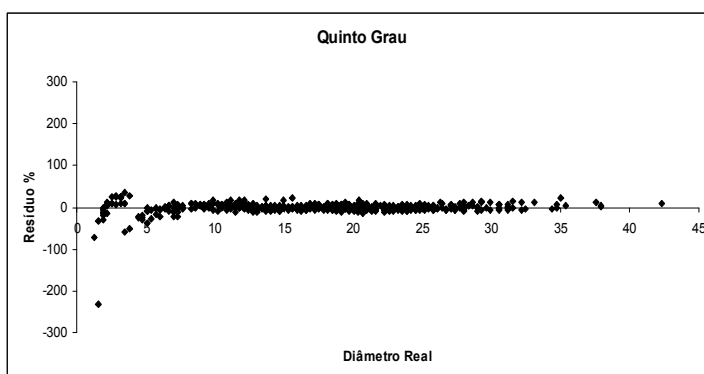


ANEXO 13 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 15 ANOS.

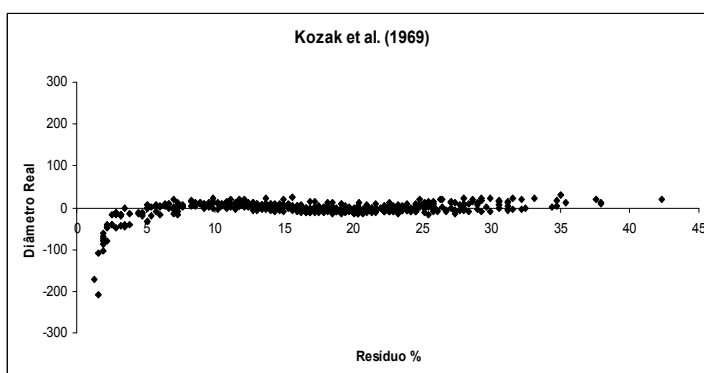
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

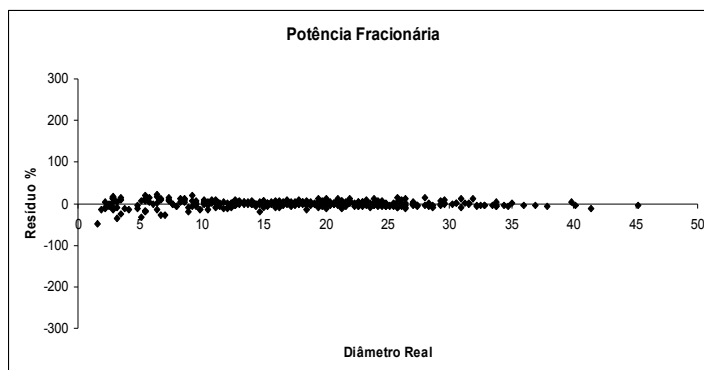


### Kozak et. al (1969)

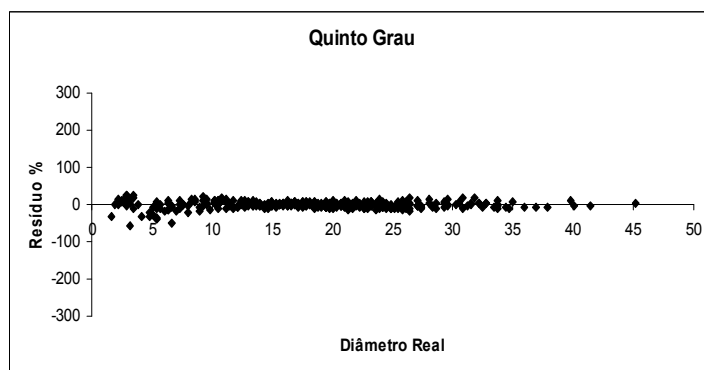


ANEXO 14 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 16 ANOS.

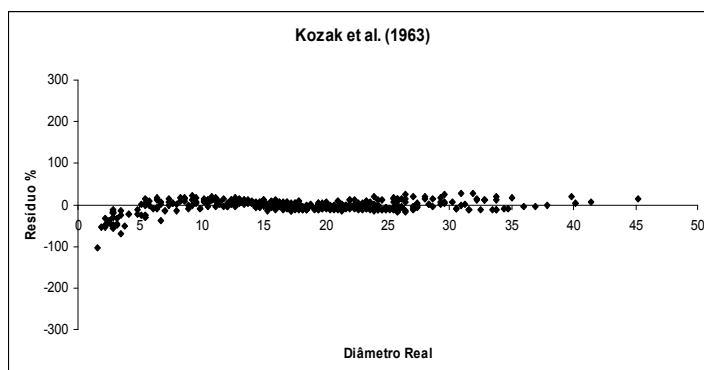
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

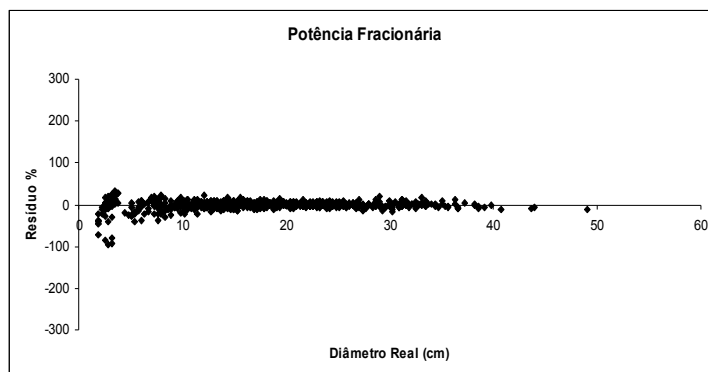


### Kozak et. al (1969)

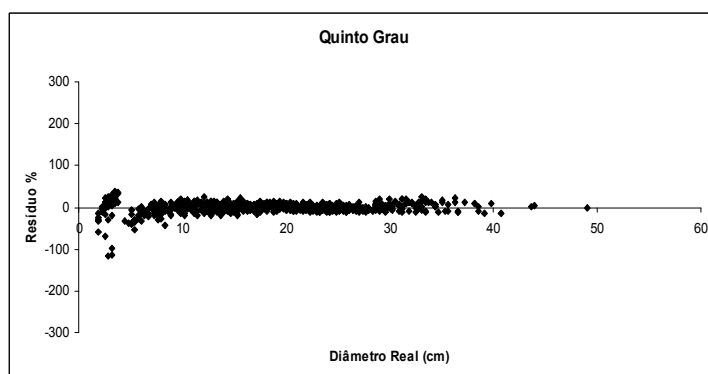


ANEXO 15 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 17 ANOS.

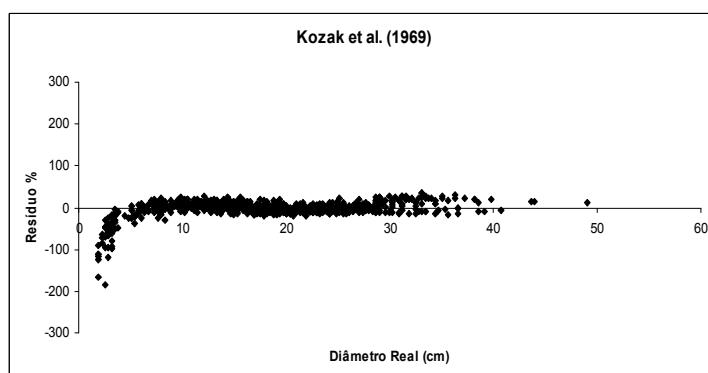
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

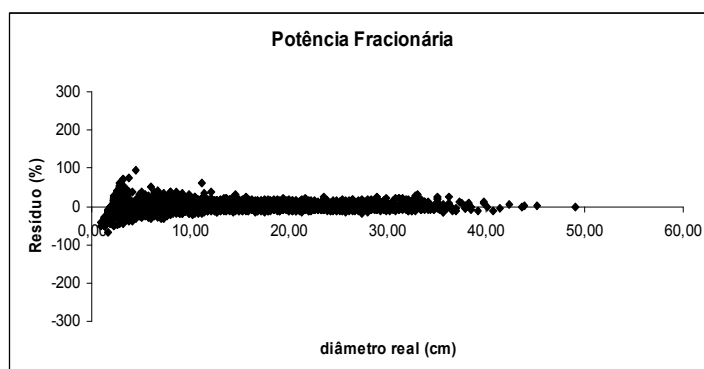


## Kozak et. al (1969)

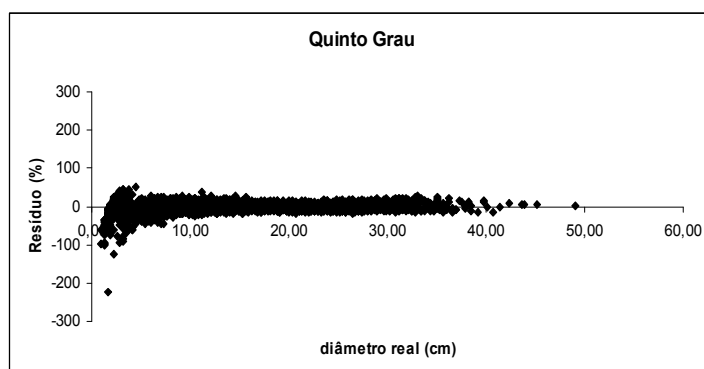


ANEXO 16 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA A CLASSE DE IDADE DE 18 ANOS.

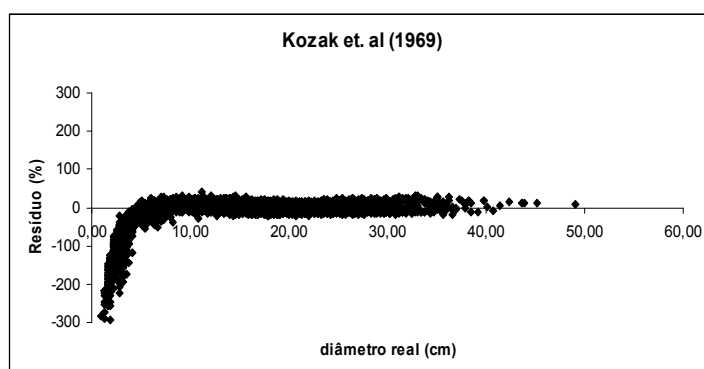
## Potência Fracionária



## Quinto Grau



## Kozak et. al (1969)



ANEXO 17 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS, PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

ANEXO 18 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 11,5 A 16,2 cm.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	0,0024	-0,125	0,1606	0,0965	-0,020	-0,17	-0,092	-0,021	0,0922	0,0326	-0,04	-0,071	-0,029	0,0337	0,053	-0,065	-0,006
	DP	8,845	7,6709	7,5705	7,1724	5,9664	5,9968	3,7534	3,3989	4,4589	3,9017	4,5509	4,7218	4,8085	5,8977	5,7931	4,6262	4,1733
	SSRR	6,3057	5,059	4,8704	4,3884	3,1015	3,5646	1,5755	1,4815	2,6028	2,191	2,8968	3,6794	4,5252	6,9028	9,1052	8,6127	12,97
	RP	0,377	0,3227	0,3122	0,2945	0,2223	0,2717	0,128	0,1282	0,256	0,233	0,3419	0,4727	0,6589	1,1743	2,0888	2,8694	10,18
Quinto Grau	D	1,0099	0,5324	0,2175	-0,181	-0,505	-0,781	-0,785	-0,435	0,3587	0,6264	0,3409	0,0384	-0,264	-0,531	0,2575	-0,018	-0,002
	DP	11,491	8,6315	7,6449	7,3863	7,1081	8,6865	7,6428	4,749	5,4655	6,7343	5,1326	4,7411	5,1009	6,9875	6,0966	4,5625	4,1739
	SSRR	9,9402	5,8875	4,9377	4,6376	4,5116	6,7335	5,0395	2,664	3,261	4,7095	3,5947	3,5683	5,334	11,15	9,386	8,3	12,92
	RP	0,5589	0,3554	0,3149	0,3186	0,3297	0,5137	0,4089	0,2316	0,3097	0,4726	0,4019	0,4507	0,7937	2,0515	2,0081	2,6989	10,12
Kozak et al. -1969	D	1,4287	0,8278	0,3952	-0,116	-0,545	-0,921	-1,339	-1,260	-0,584	0,0811	0,5662	0,6988	0,7846	0,785	0,4007	-0,542	-2,256
	DP	14,082	9,8961	8,027	7,2873	7,2982	9,6112	12,304	11,549	5,7357	4,0396	6,2738	7,3725	8,2086	8,3667	6,55	6,5417	20,68
	SSRR	13,955	7,4875	5,3356	4,513	4,7309	7,9913	11,598	10,952	4,9852	2,2117	5,0843	7,2264	9,3511	12,456	10,324	16,956	255,71
	RP	0,7874	0,448	0,3356	0,3084	0,3459	0,6079	0,9342	0,9375	0,4939	0,2338	0,5609	0,854	1,2021	1,8673	2,1146	6,2032	188,58
Potência		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	7	4	4	4	8	7
Quinto Grau		8	8	8	11	8	8	8	8	8	12	8	5	8	9	8	4	5
Kozak		12	12	12	9	12	12	12	12	12	8	12	12	12	11	12	12	12

ANEXO 19 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 16,2 A 18,5 cm.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	0,0109	-0,134	0,2216	0,1101	-0,084	-0,156	-0,068	-0,000	0,1096	0,0459	-0,001	-0,041	-0,108	0,0113	0,1188	-0,011	-0,019
	DP	14,185	9,9143	8,1444	6,9892	6,2849	6,4121	4,005	3,8458	4,4329	5,4504	5,3968	5,451	7,3354	7,871	7,7575	6,3654	4,213
	SSRR	13,276	6,7003	5,0116	3,8486	3,3898	3,3321	1,5193	1,4814	1,9534	3,1874	3,8155	3,9916	9,8354	11,911	15,437	19,664	12,962
	RP	0,478	0,2656	0,2053	0,1655	0,153	0,1563	0,0759	0,0795	0,1109	0,2041	0,2741	0,3156	0,9436	1,3178	2,0801	6,3366	5,6941
Quinto Grau	D	1,8998	0,7507	0,1198	-0,480	-0,941	-1,156	-0,993	-0,435	0,5865	0,8314	0,4354	0,0534	-0,379	-0,652	0,3435	-0,015	-0,001
	DP	21,656	11,317	8,0448	8,1847	11,309	12,923	10,978	5,6001	6,9104	9,5722	6,8173	5,4481	7,7442	9,2517	8,1647	6,3669	4,1878
	SSRR	29,157	9,0776	4,865	5,3522	9,0431	11,899	8,3262	2,9096	4,3884	8,6557	5,3473	3,9367	11,811	19,517	16,215	19,704	12,726
	RP	0,9897	0,3408	0,2008	0,238	0,4178	0,5662	0,4218	0,1571	0,2456	0,5282	0,3628	0,3058	1,1581	2,3045	2,0379	6,3561	5,5082
k Kozak et al. -1969	D	2,3832	1,0885	0,3188	-0,413	-0,999	-1,332	-1,657	-1,416	-0,529	0,1908	0,7114	0,8459	0,8738	0,9138	0,5094	-0,746	-2,742
	DP	26,119	13,325	8,3697	7,871	11,804	14,682	18,023	15,325	6,4926	5,7809	8,672	9,7937	11,316	12,083	8,6926	9,2142	29,657
	SSRR	38,95	12,186	5,2595	4,9762	9,7471	14,704	20,352	16,015	4,1792	3,4105	8,1874	10,683	16,473	20,743	17,934	41,365	454,69
	RP	1,3344	0,4568	0,2142	0,2209	0,4502	0,6987	1,0292	0,8547	0,2444	0,2144	0,5516	0,7742	1,3265	1,9357	2,1601	12,926	205,79
Potência		4	4	8	4	4	4	4	4	4	4	4	7	4	4	5	4	8
Quinto Grau		8	8	4	12	8	8	8	8	12	12	9	5	8	9	6	8	4
Kozak		12	12	12	8	12	12	12	12	8	8	11	12	12	11	12	12	12



ANEXO 20 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 18,3 A 20,9 cm.

[illegible]

ANEXO 21 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 20,9 A 23,3 cm.

[illegible]

ANEXO 22 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO ACIMA DE 23,3 A 25,6 cm.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência	D	0,005	0,1068	0,1732	-0,188	-0,24	-0,217	0,1381	0,2235	0,1168	-0,082	-0,113	-0,132	-0,041	0,1269	0,0238	-0,119	0,0462
Potência	DP	11,2192	5,9062	4,9357	3,4204	3,4812	2,7988	2,3574	3,2566	3,5995	3,8333	4,0858	4,5534	4,4334	5,2195	4,4317	4,2267	1,9757
Fracionária	SSRR	5,4469	1,756	1,3458	0,6348	0,6564	0,4443	0,435	0,656	0,9836	1,3025	1,5923	2,0715	2,0048	3,7245	3,2604	4,5555	1,957
	RP	0,603	0,2051	0,1678	0,0852	0,0902	0,0623	0,0652	0,1027	0,1681	0,2401	0,33	0,4394	0,4729	1,075	1,2681	2,8845	2,5915
Quinto Grau	D	1,8782	0,0689	-0,574	-1,019	-0,951	-0,732	0,5767	0,9997	0,3572	-0,482	-0,469	-0,249	0,1244	0,6351	0,2061	-0,629	0,2141
Quinto Grau	DP	13,4234	5,9114	5,4671	5,7396	5,6545	4,4229	3,9764	5,9737	4,1597	4,4152	4,7004	4,679	4,5016	6,0345	4,4199	4,9104	2,0764
	SSRR	8,0411	1,7539	1,7385	1,7972	1,6655	1,0341	0,8079	1,8379	1,1197	1,6978	2,0033	2,1804	1,9882	4,3025	3,264	6,929	2,1606
	RP	0,8139	0,2054	0,2264	0,2442	0,232	0,1467	0,1185	0,2789	0,1877	0,3199	0,4236	0,4678	0,4597	1,1488	1,2238	4,5746	2,5502
k	D	4,3552	1,6609	0,2404	-0,882	-1,398	-1,677	-1,803	-1,556	-0,872	-0,239	0,3728	0,5743	0,8091	1,0189	0,612	-0,196	-1,0663
Kozak et al. -1969	DP	23,9841	9,5358	5,0221	5,1394	7,7528	9,1855	9,8739	8,5245	4,9451	3,9749	4,4679	5,2214	5,9369	7,2025	5,3235	4,2628	5,8406
	SSRR	21,3544	4,3303	1,3688	1,4977	2,896	3,7422	4,5076	3,8085	2,113	1,3996	1,717	2,4555	3,0256	5,5095	3,9694	4,7644	14,3346
	RP	2,1752	0,4895	0,1699	0,2037	0,4027	0,5285	0,6705	0,5952	0,3664	0,261	0,3389	0,4888	0,6553	1,4123	1,3698	3,058	18,9427
Potência		4	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	4	6	4	5
Quinto Grau		8	6	12	12	8	8	8	8	8	12	12	8	6	8	6	12	7
Kozak		12	12	8	8	12	12	12	12	12	8	8	12	12	12	12	8	12

**ANEXO 23 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 8 ANOS.**

Alturas Totais em (%)																		
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	0,2696	-0,1869	-0,0033	-0,0377	-0,0302	-0,2339	-0,1412	-0,0585	0,0615	0,0258	-0,1031	-0,1325	-0,0413	-0,034	-0,001	-0,1299	-0,0654
	DP	24,0546	20,7851	20,0695	18,8641	18,6053	18,0102	16,0938	15,1853	13,2128	12,3919	11,2475	10,4711	9,3881	8,4056	6,9619	5,2779	2,9158
	SSRR	50,2524	33,896	33,2227	30,7085	31,382	30,215	27,1976	26,2569	23,0076	21,6066	19,8783	19,0432	16,4158	15,197	13,0361	10,4126	7,6898
	RP	7,2231	4,9604	5,0439	4,7742	5,0534	5,0234	4,8047	4,8861	4,5857	4,7289	5,0278	5,1608	4,7927	5,6114	6,7369	7,6734	12,4637
Quinto Grau	D	0,202	0,0106	-0,1234	-0,249	-0,2386	-0,398	0,0182	0,2072	0,1358	-0,1086	-0,183	-0,1346	0,0473	0,1417	0,0445	-0,2201	0,0188
	DP	5,4388	5,6173	5,2561	4,8961	4,4689	4,6487	2,5132	2,3734	2,2792	1,8541	2,6964	2,9928	3,0084	4,0025	4,0513	3,5592	2,5691
	SSRR	2,0569	2,0965	1,9349	1,8406	1,5355	1,7638	0,6373	0,5679	0,5755	0,5439	1,0708	1,5301	1,5789	3,2074	4,3876	3,9987	3,8753
	RP	0,0123	0,0125	0,0121	0,012	0,0103	0,0122	0,005	0,0047	0,0053	0,0056	0,0123	0,0197	0,0219	0,0521	0,1055	0,1174	0,2206
Kozak et al. -1969	D	1,5241	0,8593	0,309	-0,1798	-0,4833	-0,911	-1,2692	-1,1772	-0,5181	0,0669	0,3392	0,3725	0,458	0,2994	0,1022	-0,1513	-0,4737
	DP	9,1108	6,221	4,9628	4,8056	4,8477	6,4159	7,7061	6,9641	3,4009	1,8504	3,1107	3,6798	4,0583	4,2573	4,0876	3,4285	3,4066
	SSRR	5,4954	3,166	1,9918	1,7744	1,9019	3,1394	4,0861	3,5985	1,2188	0,5113	1,2258	1,7775	2,1586	3,3763	4,3528	3,6944	8,7335
	RP	0,0325	0,0196	0,0128	0,0116	0,0125	0,0212	0,0298	0,0279	0,0107	0,0053	0,0138	0,0216	0,028	0,053	0,1031	0,107	0,532
Potência		11	11	10	10	10	10	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9
Quinto Grau		4	4	7	9	5	5	4	5	5	8	5	5	6	5	7	9	4
Kozak		9	9	7	5	9	9	9	9	9	6	9	9	8	9	7	5	11

ANEXO 24 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 9 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,049	-0,233	0,0758	0,0454	0,0408	-0,031	-0,206	-0,210	-0,016	0,1144	0,1095	-0,006	-0,053	-0,108	0,0352	0,014	-0,028
	DP	4,0483	3,5582	3,5563	3,9874	3,9496	4,0177	2,8937	2,3981	1,9945	2,9429	4,0577	3,5995	4,3567	3,8001	3,5342	3,127	2,3344
	SSRR	0,9826	0,9287	0,9286	1,0814	1,1163	1,0929	0,5758	0,772	0,4613	0,8076	1,9329	1,5829	3,1243	2,7595	3,2127	3,5456	3,0525
	RP	0,1253	0,1255	0,1333	0,1591	0,1707	0,1737	0,0946	0,1336	0,0847	0,1747	0,4206	0,3985	0,8688	0,9636	1,3763	2,2598	3,8343
Quinto Grau	D	0,3506	-0,081	-0,150	-0,252	-0,224	-0,220	0,0119	0,1575	0,1009	-0,076	-0,073	-0,082	0,0009	0,1127	0,1212	-0,209	0,0451
	DP	4,2804	3,3412	3,8097	4,2903	4,4056	4,3925	2,4018	2,5643	2,136	2,7047	4,0297	3,6349	4,337	3,9709	3,4693	3,5605	2,2536
	SSRR	1,1238	0,8455	0,9741	1,2111	1,2247	1,1936	0,4875	0,7067	0,4756	0,8111	1,9695	1,6217	3,0858	2,6341	3,1993	4,2015	2,902
	RP	0,006	0,0048	0,0057	0,0072	0,0076	0,0077	0,0035	0,0053	0,0036	0,0075	0,0185	0,0172	0,0353	0,0366	0,0556	0,1202	0,1444
Kozak et al. -1969	D	1,5973	0,7205	0,259	-0,185	-0,453	-0,703	-1,205	-1,156	-0,527	0,0865	0,4288	0,4098	0,4026	0,2642	0,1551	-0,172	-0,391
	DP	9,5867	5,0606	3,5454	4,2012	4,9315	5,6125	7,2539	6,9047	3,3544	2,8974	4,3236	4,1266	4,9205	4,2449	3,4474	3,4652	3,3425
	SSRR	4,5331	1,5634	1,0089	1,1569	1,5048	1,9963	3,1996	3,3336	1,0726	0,7977	2,286	1,9476	3,3627	2,7622	3,2141	4,0439	5,9277
	RP	0,024	0,0088	0,0061	0,0069	0,0091	0,0123	0,0202	0,0228	0,0081	0,0072	0,0197	0,0189	0,036	0,0373	0,0554	0,1145	0,3383
Potência		6	9	7	6	6	6	9	8	6	11	8	6	9	7	9	6	8
Quinto Grau		7	4	8	11	7	7	4	5	7	7	5	7	4	6	7	11	5
Kozak		11	11	9	7	11	11	11	11	11	6	11	11	11	11	8	7	11

ANEXO 25 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 10 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,003	-0,020	0,004	0,0066	-0,009	-0,012	-0,012	-0,008	0,0062	0,0041	-0,003	0,0009	-0,002	0,0007	0,0029	0,0004	-0,0004
	DP	2,1545	1,8083	1,7756	1,5828	1,4876	1,4265	0,8648	0,6486	0,6664	0,7737	0,9874	0,9656	1,1855	1,291	1,2721	1,0652	0,7846
	SSRR	6,0805	3,8656	3,455	3,0949	2,8506	2,7064	1,0377	0,6501	0,7583	1,0536	1,874	1,8022	3,2306	5,0721	5,7862	7,6333	9,0129
	RP	0,0276	0,0191	0,01836	0,0169	0,0158	0,015	0,0063	0,0045	0,006	0,0089	0,017	0,0168	0,0334	0,0696	0,1001	0,2546	0,7048
Quinto Grau	D	0,0179	-0,005	-0,0067	-0,011	-0,026	-0,027	-0,002	0,0136	0,0143	-0,007	-0,014	-0,004	0,0018	0,0152	0,0084	-0,015	0,0047
	DP	2,1873	1,7905	1,7877	1,5815	1,5991	1,5142	0,7397	0,6449	0,7622	0,7724	1,0354	0,9852	1,1787	1,337	1,2814	1,1288	0,7897
	SSRR	6,0892	3,5328	3,5332	3,2445	3,3928	3,1905	0,8975	0,7303	0,899	1,1196	2,1511	1,8414	3,1918	5,1772	5,7618	9,2482	8,4776
	RP	0,0273	0,0177	0,01842	0,017	0,0183	0,0173	0,0057	0,0054	0,007	0,0096	0,0202	0,0174	0,0326	0,0664	0,0965	0,3298	0,6254
Kozak et al. -1969	D	0,1048	0,0507	0,022	-0,006	-0,042	-0,060	-0,087	-0,078	-0,031	0,0023	0,0196	0,0298	0,0297	0,0276	0,0138	-0,01	-0,0292
	DP	3,422	2,137	1,8045	1,5675	1,7874	2,0619	2,5882	2,2929	0,9553	0,7686	1,0671	1,1592	1,3565	1,4403	1,3023	1,1069	1,0391
	SSRR	12,072	4,9268	3,6785	3,1575	4,2526	5,5051	7,1766	5,905	1,6475	1,0465	2,2022	2,7597	4,1112	5,8213	5,8694	8,5883	19,0669
	RP	0,0557	0,0259	0,0202	0,0167	0,0227	0,0298	0,0437	0,039	0,0127	0,0088	0,0187	0,0246	0,0393	0,0711	0,0953	0,302	1,5896
Potência		5	7	5	8	5	4	8	5	4	9	4	4	8	5	7	4	6
Quinto Grau		8	5	7	11	7	8	4	7	8	11	8	8	4	7	7	12	6
Kozak		11	12	12	5	12	12	12	12	12	4	12	12	12	12	10	8	12

ANEXO 26 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 11 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0036	-0,005	0,0068	-0,010	-0,019	-0,023	-0,005	0,0038	0,0199	0,0083	-0,001	-0,009	-0,013	-0,002	0,0158	-0,005	0,0007
	DP	1,6924	1,5415	1,5078	1,3922	1,272	1,0671	0,5497	0,56	0,8322	0,7531	0,6932	0,877	0,8847	1,006	0,9201	0,8069	0,6039
	SSRR	3,0958	2,6555	2,5677	2,3714	2,1011	1,5726	0,459	0,5226	1,052	1,1736	1,184	2,0792	2,3834	3,0902	3,3459	4,2879	4,4296
	RP	0,0161	0,0142	0,01446	0,0135	0,0123	0,0096	0,0031	0,0039	0,0084	0,011	0,0128	0,0239	0,0332	0,0474	0,056	0,1434	0,3102
Quinto Grau	D	0,0772	0,0372	0,0073	-0,031	-0,052	-0,064	-0,050	-0,025	0,0291	0,0388	0,0241	0,004	-0,016	-0,031	0,0193	0,0001	0,0004
	DP	2,4908	1,6923	1,5109	1,521	1,7219	1,9001	1,4605	0,8355	0,9837	1,2679	0,9704	0,8067	0,9129	1,2365	0,9666	0,8021	0,6035
	SSRR	6,2848	3,3336	2,5702	3,0283	3,866	4,2218	2,4162	1,0539	1,4365	2,4986	1,7377	1,9318	2,5269	4,9023	3,5367	4,0426	4,4495
	RP	0,0332	0,0189	0,01449	0,0166	0,022	0,0252	0,0155	0,0075	0,0114	0,0218	0,0172	0,0212	0,0354	0,0808	0,0579	0,1305	0,313
Kozak et al. -1969	D	0,113	0,0647	0,0268	-	-	-	-	-	-	-0,007	0,0224	0,0283	0,0318	0,0367	0,0259	-	-0,0358
	DP	3,2971	2,1398	1,6711	1,4317	1,6382	1,961	2,3311	2,1861	1,0703	0,7641	0,9393	1,0939	1,2102	1,3341	1,0669	0,8315	1,0941
	SSRR	10,2035	4,9761	2,9241	2,5817	3,5281	4,4419	5,6461	5,3903	1,9438	1,1944	1,657	2,7157	3,1549	4,7046	4,0288	4,8722	14,3765
	RP	0,054	0,0286	0,0173	0,0144	0,02	0,0266	0,0369	0,0385	0,0159	0,0115	0,0165	0,0272	0,0346	0,0587	0,0638	0,1675	1,0372
Potência		4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	8	4	4	4	8	5
Quinto Grau		8	8	8	12	12	8	8	8	8	12	12	4	9	10	8	4	6
Kozak		12	12	12	8	8	12	12	12	12	7	8	12	11	10	12	12	12

ANEXO 27 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 12 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,011	-0,016	0,001	-0,002	-0,013	-0,013	-0,0085	0,003	0,0046	0,0037	0,0032	-0,005	-0,004	0,0059	0,0057	0,0028	-0,0025
	DP	2,7067	2,2657	2,1826	1,819	1,537	1,4284	0,8296	0,7826	0,9395	0,934	1,0455	0,9567	1,2714	1,417	1,3294	0,9549	0,7491
	SSRR	7,7268	6,2447	5,698	4,4059	3,171	2,6819	1,1173	0,8821	1,9131	1,629	2,2991	2,0638	4,7665	6,047	7,8917	5,2327	6,4952
	RP	0,0293	0,0249	0,02508	0,0208	0,0155	0,0139	0,0061	0,0055	0,0151	0,0127	0,0193	0,0196	0,055	0,0769	0,1422	0,121	0,3038
Quinto Grau	D	0,036	-0,002	-0,0197	-0,032	-0,041	-0,035	0,0059	0,0327	0,0133	-0,0145	-0,013	-0,011	0,0027	0,0264	0,0098	-0,024	0,0063
	DP	2,8128	2,2368	2,2805	2,1012	1,979	1,683	0,7645	1,1228	1,0089	0,9489	1,119	0,9651	1,2949	1,6878	1,3494	1,1717	0,7102
	SSRR	8,0359	5,9439	6,1777	5,4035	4,5444	3,6726	1,0545	1,8523	2,0416	1,9259	2,5977	2,2205	4,6588	6,7836	7,8843	8,4088	5,9294
	RP	0,0317	0,0241	0,02652	0,0247	0,0216	0,0184	0,0062	0,0119	0,0157	0,0152	0,0228	0,0214	0,0525	0,0779	0,1388	0,2146	0,2485
Kozak et al. -1969	D	0,1541	0,0734	0,0187	-0,026	-0,063	-0,081	-0,1083	-0,089	-0,043	0,0005	0,0304	0,0307	0,036	0,0411	0,0221	-0,009	-0,0464
	DP	4,9029	2,897	2,1615	2,0256	2,4177	2,7073	3,3847	2,7779	1,4692	0,9255	1,2856	1,2293	1,6794	1,898	1,4504	1,0055	1,6105
	SSRR	21,935	9,1608	5,8047	5,0882	6,5345	8,3743	12,0596	8,7205	4,0621	1,626	3,3085	3,129	6,1177	8,2522	8,3461	5,9725	26,9435
	RP	0,0928	0,0414	0,0263	0,0234	0,031	0,0419	0,0665	0,0512	0,0304	0,01274	0,0255	0,0263	0,0592	0,0897	0,136	0,147	1,4455
Potência		4	8	5	4	4	4	7	4	4	7	4	4	7	4	7	4	7
Quinto Grau		9	4	12	12	8	8	5	8	8	12	8	8	5	8	7	12	5
Kozak		11	12	7	8	12	12	12	12	12	5	12	12	12	12	10	8	12



ANEXO 28 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 13 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0122	-0,006	0,0021	-0,004	-0,016	-0,017	-0,008	0,0045	0,0118	0,0018	0,0002	-0,008	-0,010	0,0133	0,0105	-0,005	0,0024
	DP	1,9724	1,6584	1,3279	1,1246	0,8753	0,8643	0,4446	0,5461	0,6405	0,6568	0,788	0,7929	1,0136	0,8598	0,9212	0,7715	0,4581
	SSRR	3,5663	2,4742	2,0014	1,6751	1,0694	0,8796	0,3205	0,3784	0,6794	0,8178	0,9315	1,188	3,2769	2,3719	2,4914	2,6198	2,1677
	RP	0,0272	0,0201	0,01758	0,0151	0,0095	0,0083	0,003	0,0042	0,008	0,01112	0,0134	0,0197	0,0797	0,0576	0,0639	0,0982	0,1846
Quinto Grau	D	0,037	0,0105	-0,0208	-0,035	-0,044	-0,037	0,0101	0,0357	0,0177	-0,0187	-0,015	-0,012	-0,002	0,0341	0,015	-0,027	0,0101
	DP	1,9637	1,6394	1,3713	1,3456	1,1818	1,091	0,526	0,9052	0,6828	0,7314	0,8368	0,7962	1,0023	1,1387	0,9545	0,9922	0,4813
	SSRR	3,7183	2,4433	2,2132	2,1691	1,7328	1,33	0,328	0,8955	0,7534	1,0283	1,0949	1,2501	3,1432	2,9583	2,5569	4,0309	2,2533
	RP	0,0296	0,0202	0,01895	0,0191	0,0152	0,0124	0,0034	0,0103	0,009	0,01404	0,0162	0,0209	0,0753	0,0635	0,0636	0,1693	0,1725
Kozak et al. -1969	D	0,166	0,094	0,0226	-0,026	-0,066	-0,085	-0,114	-0,099	-0,052	-0,0113	0,0267	0,0311	0,0366	0,0597	0,0407	-0,005	-0,0613
	DP	3,6523	2,1806	1,4243	1,27	1,5577	1,8964	2,4742	2,1604	1,192	0,6825	0,854	0,9444	1,2293	1,5325	1,1941	0,7732	1,3386
	SSRR	11,1183	4,9704	2,1148	1,9679	2,6607	3,6205	5,6287	4,6456	1,9173	0,9039	1,2705	1,6136	3,6818	4,5692	3,6783	2,6253	16,3034
	RP	0,091	0,0433	0,019	0,0174	0,0236	0,0343	0,0582	0,0508	0,022	0,01235	0,0178	0,0242	0,0748	0,0885	0,0813	0,0985	1,5947
Potência		5	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	9	4	5	4	5
Quinto Grau		8	6	9	12	8	8	8	8	8	12	8	8	5	8	7	12	7
Kozak		11	12	11	8	12	12	12	12	12	8	12	12	10	12	12	8	12

ANEXO 29- ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 14 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0046	0,0667	0,0216	-0,016	-0,031	-0,040	-0,024	-0,001	0,0208	0,015	-0,003	-0,001	-0,012	-0,006	0,0119	-0,007	0,0012
	DP	2,1817	1,1667	0,6816	0,5464	0,6377	0,7217	0,5569	0,3693	0,5036	0,4486	0,424	0,404	0,428	0,6035	1,0465	0,6023	0,2572
	SSRR	3,9149	1,8298	0,6632	0,4356	0,4548	0,5723	0,4042	0,2149	0,4077	0,3531	0,464	0,3793	0,5596	1,0976	4,169	2,4718	1,313
	RP	0,0542	0,0266	0,0111	0,008	0,0086	0,0111	0,0084	0,0047	0,01	0,00933	0,0136	0,0115	0,0185	0,045	0,212	0,2451	0,3317
Quinto Grau	D	0,1076	0,0089	-0,032	-0,055	-0,053	-0,045	0,0251	0,0549	0,0221	-0,0263	-0,033	-0,011	0,0006	0,0309	0,0237	-0,045	0,0139
	DP	2,1708	0,9203	0,8187	1,0551	0,9546	0,7953	0,4869	0,9045	0,516	0,543	0,5541	0,4313	0,4594	0,6928	1,1003	0,754	0,3462
	SSRR	5,4251	1,0386	0,8366	1,0944	0,8988	0,6803	0,3907	1,0204	0,4236	0,5343	0,8995	0,4393	0,4843	1,4169	4,2062	5,2064	1,4803
	RP	0,0651	0,0154	0,0149	0,0203	0,0171	0,0132	0,0087	0,0231	0,0104	0,01334	0,0265	0,0132	0,0161	0,055	0,2028	0,5337	0,3057
Kozak et al. -1969	D	0,2514	0,1002	0,0133	-0,049	-0,081	-0,103	-0,113	-0,089	-0,038	-0,0032	0,0166	0,0325	0,0325	0,0436	0,045	-0,012	-0,0594
	DP	4,1389	1,6491	0,6488	0,9725	1,3684	1,6871	1,8599	1,4655	0,6521	0,4019	0,5508	0,6558	0,661	0,8601	1,2302	0,5913	0,977
	SSRR	14,0061	2,9014	0,6078	0,9547	1,8211	2,7905	3,6682	2,4319	0,753	0,2959	0,5381	0,754	0,886	1,8454	4,7313	2,6681	11,0634
	RP	0,1775	0,0431	0,0102	0,0177	0,0349	0,0548	0,0768	0,0529	0,0172	0,00751	0,0158	0,0238	0,0302	0,0715	0,2111	0,2693	2,5596
Potência		5	8	8	4	4	4	6	4	4	7	4	4	7	4	6	5	5
Quinto Grau		7	4	12	12	8	8	6	8	8	11	12	8	5	8	7	12	7
Kozak		12	12	4	8	12	12	11	12	12	6	8	12	12	12	11	7	12

ANEXO 30- ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 15 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0073	-0,011	0,016	-0,002	-0,009	-0,015	0,0021	0,0116	0,0108	-0,0025	-0,004	-0,001	-0,003	0,007	0,0071	0,0049	-0,0051
	DP	2,0328	1,5849	1,3232	0,9831	0,7829	0,7317	0,6039	0,8427	0,8996	0,819	0,937	0,9778	1,1476	1,2023	0,9932	0,9327	0,5994
	SSRR	3,4951	2,3643	1,7821	1,1021	0,5926	0,6853	0,4779	1,2646	1,2436	1,055	1,4846	1,6467	2,5694	3,4194	2,8867	4,2616	4,4731
	RP	0,0251	0,019	0,0156	0,0102	0,0055	0,0076	0,0054	0,0123	0,0147	0,01473	0,0225	0,0263	0,0465	0,0698	0,0704	0,1677	0,4437
Quinto Grau	D	0,0896	-0,013	-0,026	-0,048	-0,049	-0,044	0,0269	0,0546	0,0222	-0,0265	-0,024	-0,007	0,0067	0,0332	0,0102	-0,032	0,0103
	DP	2,4843	1,598	1,4028	1,4341	1,1439	1,073	0,7745	1,2852	0,9653	0,8482	1,0338	0,9795	1,1432	1,3291	0,9982	1,0158	0,6198
	SSRR	5,3895	2,3838	2,0285	2,0079	1,4852	1,3479	0,749	2,3769	1,3908	1,4644	1,8725	1,703	2,5254	3,9424	2,9028	6,7179	3,9072
	RP	0,0396	0,0192	0,0176	0,0183	0,0135	0,0143	0,008	0,0226	0,0161	0,02128	0,0297	0,0277	0,0442	0,0737	0,0699	0,2969	0,3316
Kozak et al. -1969	D	0,23	0,0771	0,0198	-0,041	-0,075	-0,097	-0,107	-0,089	-0,046	-0,0126	0,0215	0,0365	0,0426	0,0548	0,038	-0,001	-0,0684
	DP	5,0119	1,8662	1,3386	1,335	1,6298	2,1226	2,3391	2,1121	1,2449	0,7937	1,0106	1,1553	1,3145	1,499	1,1371	0,9161	1,491
	SSRR	17,7317	3,9562	1,8187	1,7574	2,6729	4,2684	5,2244	4,7614	2,2801	1,1555	1,6491	2,2953	3,4329	5,1701	3,895	4,3836	23,0981
	RP	0,1326	0,0326	0,0159	0,016	0,0245	0,0435	0,057	0,0561	0,0291	0,01652	0,0232	0,0335	0,0541	0,0933	0,0881	0,1777	2,3585
Potência		4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	7	4	5	5	6
Quinto Grau		8	8	12	12	8	8	8	8	8	11	12	8	5	8	7	12	6
Kozak		12	12	8	8	12	12	12	12	12	8	8	12	12	12	12	7	12

ANEXO 31- ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 16 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0017	0,0094	-0,002	-0,011	-0,013	-0,010	0,0047	0,0149	0,0067	-0,004	-0,005	-0,007	-0,005	0,0107	0,0005	-0,0056	0,0059
	DP	1,9135	1,2278	0,8987	0,7273	0,6327	0,5718	0,4653	0,7058	0,852	0,7275	0,6681	0,6451	0,6531	0,8873	0,8341	0,9046	0,5618
	SSRR	2,8297	1,5721	0,8748	0,6646	0,4637	0,3944	0,2687	0,5669	1,3003	0,7241	0,6627	0,8133	0,7767	2,2721	2,761	9,4412	3,5091
	RP	0,0186	0,012	0,0076	0,0061	0,0043	0,0037	0,0027	0,0056	0,0136	0,00838	0,0087	0,0116	0,0119	0,0434	0,0814	0,9573	0,3577
Quinto Grau	D	0,139	-0,006	-0,058	-0,069	-0,061	-0,043	0,0374	0,0691	0,0215	-0,0335	-0,031	-0,016	0,0067	0,0468	0,0146	-0,0397	0,0148
	DP	3,0836	1,2823	1,3923	1,5372	1,3445	0,955	0,877	1,5527	0,8949	0,9829	0,8671	0,7143	0,638	1,2771	0,881	1,0715	0,638
	SSRR	7,7317	1,5848	2,0762	2,3895	1,7869	1,0664	0,8085	2,4237	1,4542	1,3165	1,2047	0,9414	0,7692	3,5597	2,8158	13,7125	3,7042
	RP	0,0499	0,0123	0,0178	0,0212	0,0162	0,01	0,008	0,0243	0,0152	0,01574	0,0163	0,0136	0,0114	0,0605	0,0767	1,3347	0,3293
Kozak et al. -1969	D	0,3004	0,0975	-0,006	-0,062	-0,091	-0,106	-0,118	-0,096	-0,053	-0,0119	0,0262	0,0377	0,0484	0,0657	0,0361	-0,0112	-0,0635
	DP	6,6638	2,2291	0,8946	1,3844	2,0219	2,3475	2,6186	2,122	1,4758	0,7905	0,7179	0,9526	1,1144	1,6016	1,1253	0,9014	1,4082
	SSRR	26,8668	4,3599	0,89	2,0238	3,5163	4,6345	5,911	4,3862	2,6945	0,7978	0,9795	1,5373	2,129	5,0005	3,6455	9,8967	20,3653
	RP	0,1772	0,0327	0,0078	0,018	0,0317	0,043	0,0575	0,0448	0,0296	0,00933	0,0127	0,0207	0,0308	0,0834	0,0876	1,0086	2,196
Potência		4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	7	4	5	5	5
Quinto Grau		8	7	12	12	8	8	8	8	8	12	12	8	5	8	7	12	7
Kozak		12	12	6	8	12	12	12	12	12	8	8	12	12	12	12	7	12

ANEXO 32- ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 17 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,011	-0,007	0,0096	-0,030	-0,027	-0,030	0,0059	0,0238	0,0195	-0,0052	-0,007	-0,015	-0,022	-0,01	0,0022	0,0065	-0,0051
	DP	1,9793	1,6303	1,3949	1,2641	1,0079	0,9338	0,2797	0,6114	0,7499	0,6643	0,6069	0,6284	0,8496	0,7593	0,7781	0,8234	0,3759
	SSRR	2,9261	2,5911	2,0089	1,8283	1,1373	0,943	0,1171	0,4213	0,6677	0,752	0,7312	0,9975	1,5409	1,6755	1,9151	2,7933	1,2657
	RP	0,0235	0,0242	0,0208	0,019	0,0124	0,0106	0,0015	0,0054	0,0094	0,00997	0,0109	0,0182	0,0308	0,0416	0,0662	0,1347	0,1379
Quinto Grau	D	0,1217	-0,012	-0,043	-0,086	-0,073	-0,062	0,0389	0,0745	0,0229	-0,0448	-0,032	-0,017	0,0011	0,0392	0,0139	-0,049	0,0141
	DP	2,5542	1,6678	1,7378	1,9891	1,6748	1,4537	0,7687	1,4706	0,7807	0,9884	0,8318	0,6286	0,8206	1,0971	0,81	1,0958	0,3728
	SSRR	5,6446	2,6355	2,6015	3,7532	2,5242	1,8357	0,5707	2,0009	0,7142	1,5632	1,1643	1,0224	1,2252	2,2707	1,97	6,447	1,4187
	RP	0,0473	0,0245	0,0252	0,0373	0,0262	0,02	0,0072	0,0251	0,0101	0,02061	0,017	0,0186	0,0248	0,0543	0,066	0,3259	0,1342
Kozak et al. -1969	D	0,3006	0,1015	0,014	-0,078	-0,108	-0,133	-0,134	-0,107	-0,056	-0,0164	0,0343	0,0432	0,0463	0,0554	0,0317	-0,020	-0,0658
	DP	5,936	2,1501	1,3927	1,8707	2,2589	2,7043	2,6444	2,1203	1,1422	0,6941	0,8891	1,0698	1,1274	1,3154	0,9221	0,8228	1,2989
	SSRR	21,1977	4,7271	2,024	3,3905	4,3774	5,974	5,6916	3,9989	1,6982	0,8602	1,1408	1,6134	2,1182	3,0743	2,444	3,6583	12,4511
	RP	0,1772	0,0474	0,021	0,0338	0,0455	0,0654	0,0678	0,0502	0,0214	0,01119	0,0189	0,0295	0,0412	0,0719	0,0772	0,1862	1,2482
Potência		4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	8	4	5	5	5
Quinto Grau		8	8	12	12	8	8	8	8	8	12	9	8	4	8	7	12	7
Kozak		12	12	7	8	12	12	12	12	12	8	11	12	12	12	12	7	12

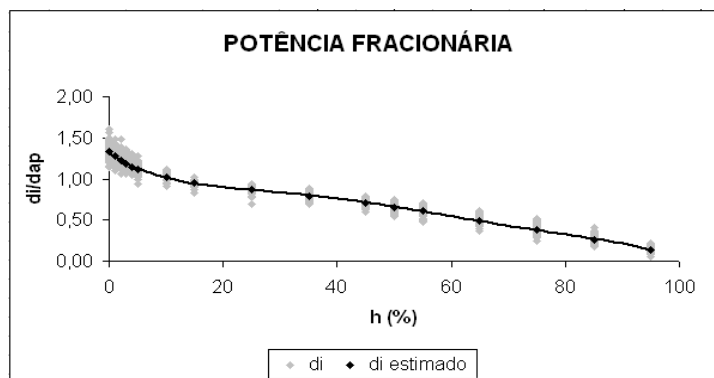
ANEXO 33- ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 18 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0116	-0,013	0,0047	-0,009	-0,006	-0,0106	0,0019	0,0064	-0,007	-0,0085	-0,002	0,0022	0,0021	0,0049	0,0008	-0,0137	0,0011
	DP	3,2739	2,439	1,5601	1,0804	1,028	0,909	0,7349	0,9314	1,2502	1,2607	1,3031	1,365	1,3805	1,4531	1,5642	1,562	0,8299
	SSRR	8,9772	5,874	2,3912	1,2941	1,2205	1,023	0,6828	1,1407	2,1666	2,4795	2,7237	3,2344	3,6952	4,8113	6,4538	13,7756	7,632
	RP	0,0338	0,0247	0,0113	0,0064	0,0061	0,0054	0,0041	0,007	0,0141	0,01772	0,0217	0,0263	0,0351	0,055	0,0935	0,4219	0,3659
Quinto Grau	D	0,1804	-0,038	-0,077	-0,091	-0,073	-0,0562	0,0512	0,0871	0,0218	-0,0433	-0,038	-0,014	0,0112	0,0468	0,0189	-0,0532	0,0145
	DP	5,4337	2,6052	2,4476	2,6626	2,1503	1,7459	1,5287	2,5233	1,3285	1,6283	1,5699	1,426	1,392	1,8143	1,606	1,8974	0,916
	SSRR	20,9053	6,6716	5,7939	6,1357	4,4181	2,9232	2,3149	6,0407	2,374	4,0669	4,1396	3,5106	3,7334	6,719	6,5601	22,4162	7,467
	RP	0,0787	0,0279	0,026	0,0297	0,0215	0,0149	0,0135	0,0362	0,0151	0,02956	0,0338	0,0295	0,0345	0,0673	0,0893	0,6757	0,325
Kozak et al. -1969	D	0,3827	0,0918	-0,011	-0,081	-0,111	-0,1347	-0,143	-0,1191	-0,073	-0,0188	0,0313	0,0512	0,0627	0,0731	0,0516	-0,0128	-0,0904
	DP	10,9261	3,0779	1,5975	2,4193	3,155	3,8458	4,0817	3,4013	2,1838	1,3393	1,4457	1,7679	2,0904	2,2989	1,9668	1,5588	2,581
	SSRR	67,1088	9,2759	2,4955	5,1365	8,5508	12,0848	13,9746	10,8409	6,2321	2,7485	3,3771	5,2685	6,9848	9,9747	9,1736	13,6683	57,2333
	RP	0,2511	0,041	0,0115	0,0248	0,0422	0,0628	0,0792	0,0644	0,0414	0,01982	0,0256	0,04	0,0577	0,0962	0,1134	0,4181	2,8446
Potência		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	8	6
Quinto Grau		8	8	12	12	8	9	8	8	8	12	12	8	7	8	7	12	6
Kozak		12	12	8	8	12	11	12	12	12	8	8	12	12	12	12	4	12

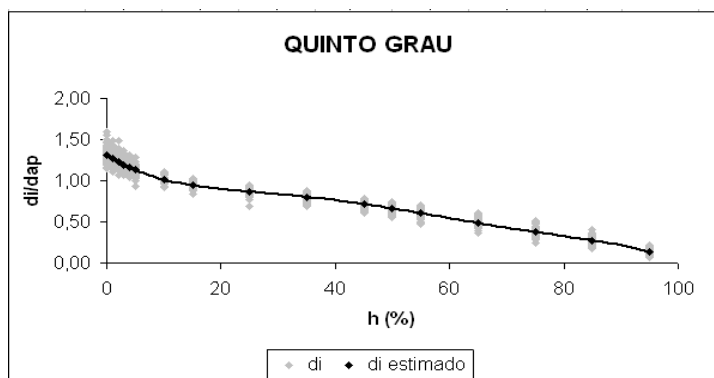
ANEXO 34- ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS DIÂMETROS AO LONGO DO FUSTE PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0012	-0,0134	0,0013	-0,0067	-0,0114	-0,0144	-0,0058	-0,0007	0,0002	-0,0029	-0,0006	-0,0012	-0,0011	0,0058	0,005	-0,0039	-0,0001
	DP	8,1351	5,6584	4,9033	4,6775	4,1749	3,9743	2,431	2,3104	2,723	2,6765	2,876	2,9147	3,3358	3,7854	3,7175	3,141	2,0599
	SSRR	67,0468	34,6272	28,2923	26,428	21,6487	19,7444	9,165	8,8082	12,7414	12,9793	16,2573	18,0046	28,5121	40,3082	50,9671	62,9535	52,5888
	RP	0,0357	0,0202	0,0183	0,0179	0,015	0,0142	0,0073	0,0073	0,0116	0,0129	0,0181	0,0217	0,0406	0,0665	0,1114	0,2604	0,3948
Quinto Grau	D	0,0656	-0,0063	-0,0269	-0,042	-0,0435	-0,0389	0,0126	0,0355	0,0141	-0,02	-0,0183	-0,0088	0,0038	0,0271	0,0131	-0,0264	0,0075
	DP	8,7147	5,5709	5,4276	5,7072	5,3366	4,9016	2,4853	3,538	2,9635	2,8898	3,0698	2,9606	3,3675	4,256	3,7925	3,6105	2,0715
	SSRR	80,4014	33,614	33,1806	37,0806	32,4769	27,9278	9,634	16,2805	13,7691	16,4558	19,809	19,0673	28,2392	45,5933	51,3511	88,2214	49,9031
	RP	0,0407	0,0198	0,0205	0,0236	0,0212	0,0192	0,0082	0,014	0,0126	0,0163	0,0226	0,0234	0,0396	0,0678	0,1071	0,3761	0,3453
Kozak et al. -1969	D	0,1735	0,0589	0,0009	-0,0468	-0,0762	-0,0953	-0,1104	-0,0921	-0,0396	0,0072	0,0452	0,0558	0,0621	0,0651	0,0327	-0,0495	-0,1817
	DP	14,5674	6,4622	4,906	5,9075	7,1428	8,289	9,1596	7,6306	3,7616	2,7442	4,3142	4,9844	5,7466	6,1196	4,3144	4,7413	14,9797
	SSRR	186,006	47,1845	28,3062	39,5342	55,2572	72,7797	85,1918	64,6206	24,6566	13,0204	31,7735	43,5392	61,2236	81,5649	60,65	138,67	1798,73
	RP	0,0968	0,0293	0,0183	0,0251	0,0357	0,0494	0,063	0,051	0,0217	0,013	0,0331	0,0476	0,0726	0,1109	0,1135	0,571	12,4774
Potência		4	8	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	4	5	4	6
Quinto Grau		8	4	10	8	8	8	8	8	8	12	8	8	6	8	7	8	6
Kozak		12	12	8	12	12	12	12	12	12	8	12	12	12	12	12	12	12

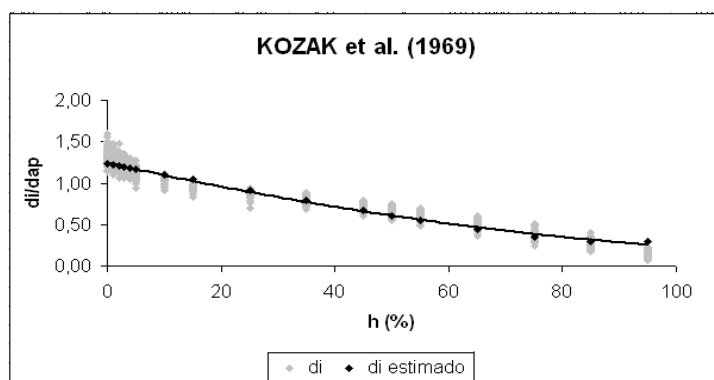
## Potência Fracionária



## Quinto Grau



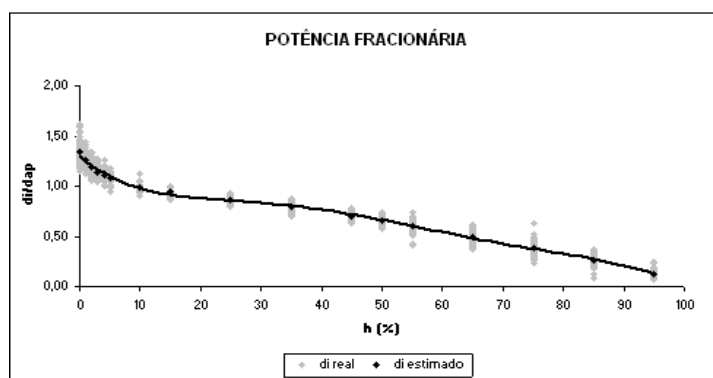
## Kozak et. al (1969)



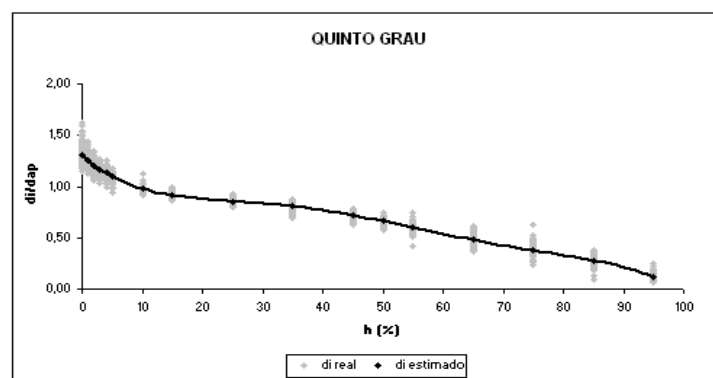
ANEXO 35 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 11,5 A 16,2 cm.



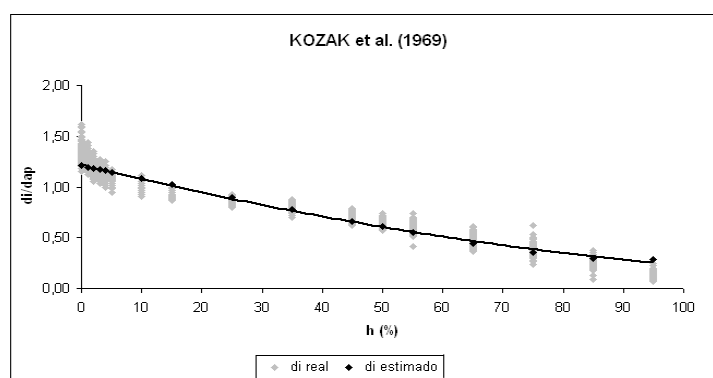
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

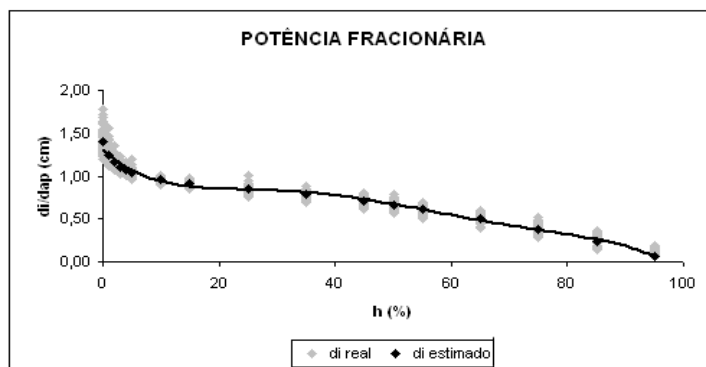


### Kozak et. al (1969)

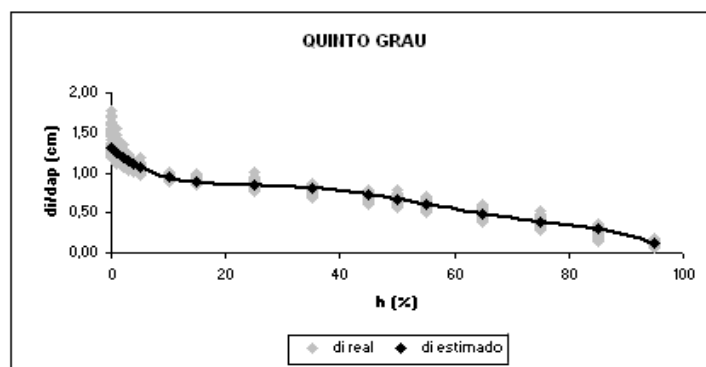


ANEXO 36 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 16,2 A 18,5 cm.

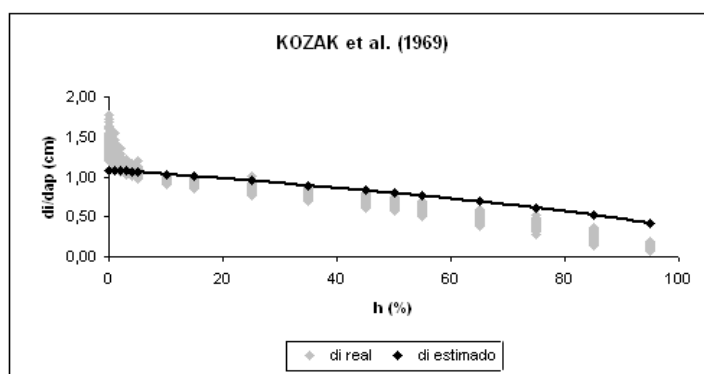
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

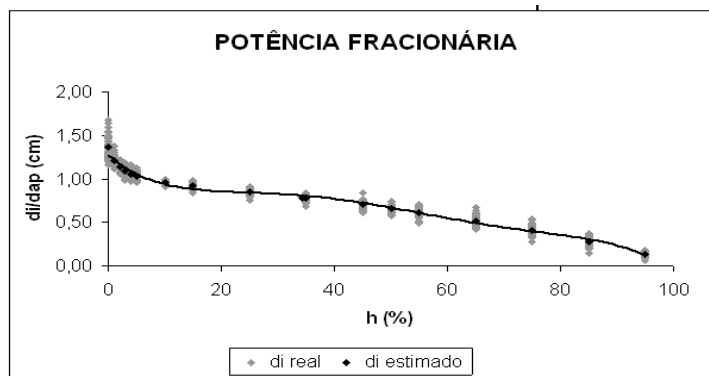


### Kozak et. al (1969)

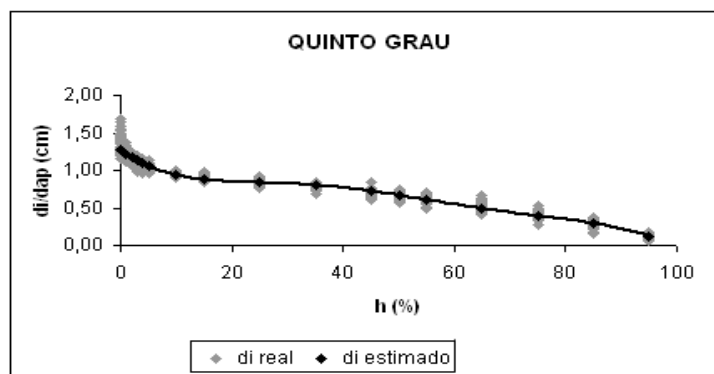


ANEXO 37 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 18,3 A 20,9 cm.

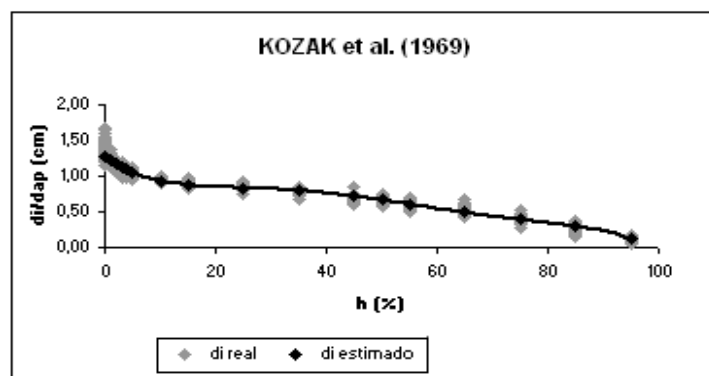
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

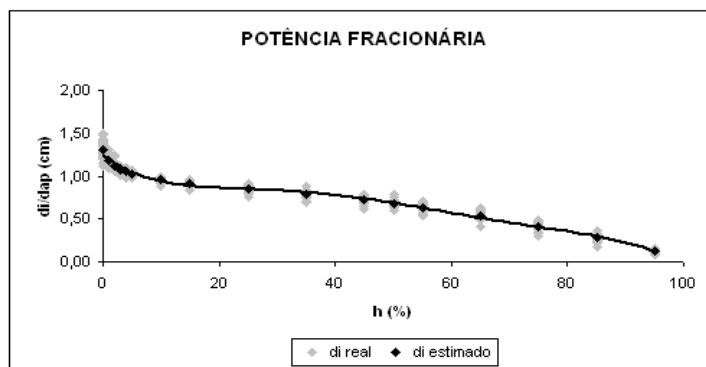


## Kozak et. al (1969)

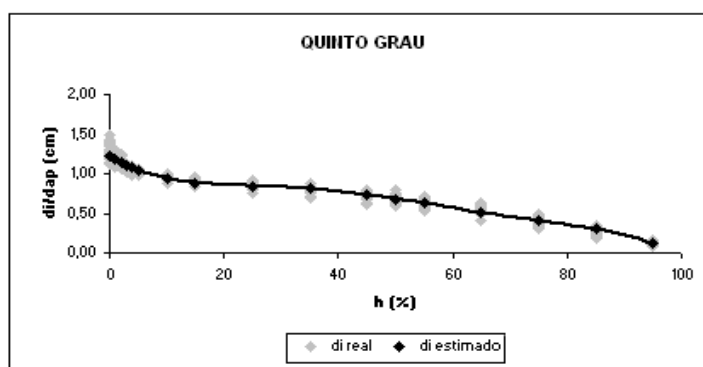


ANEXO 38 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 20,9 A 23,3 cm.

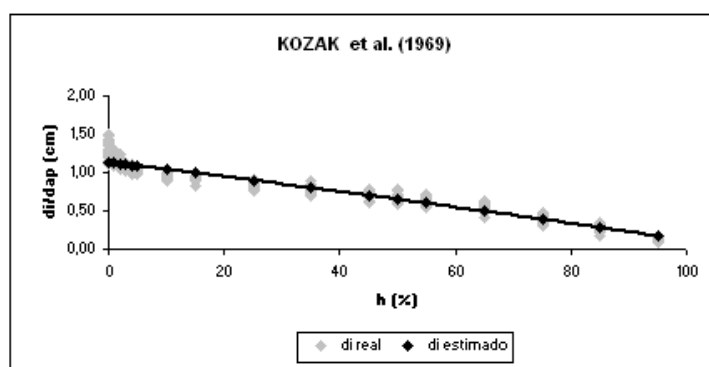
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

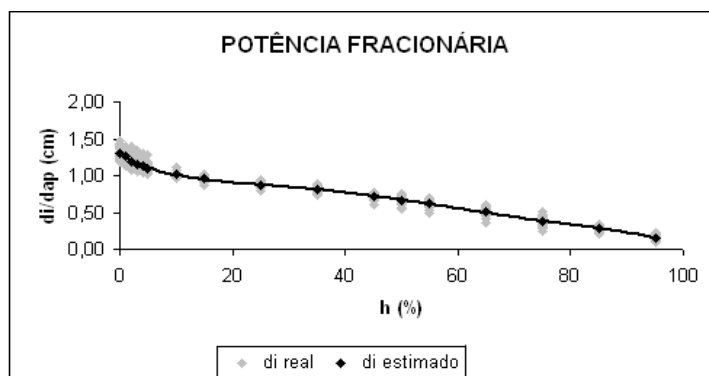


### Kozak et. al (1969)

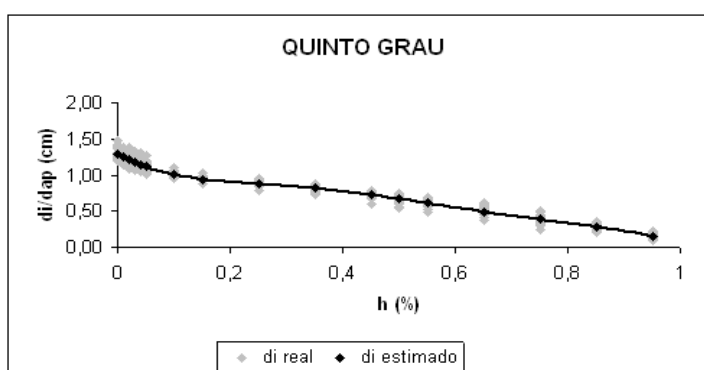


ANEXO 39 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE DIÂMETRO PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 23,3 A 25,6 cm.

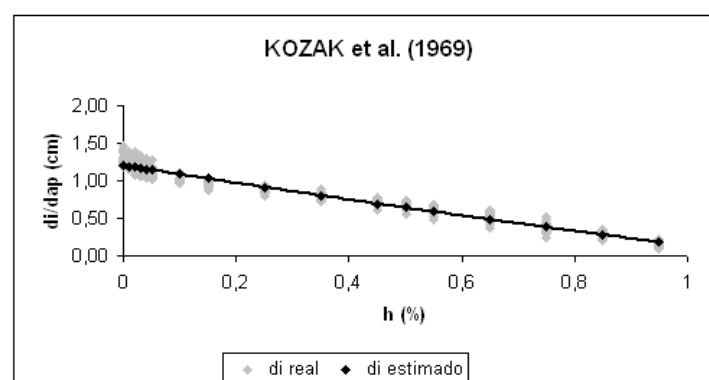
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

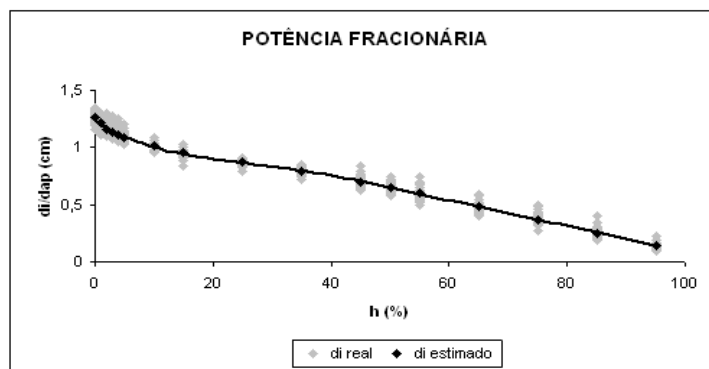


## Kozak et. al (1969)

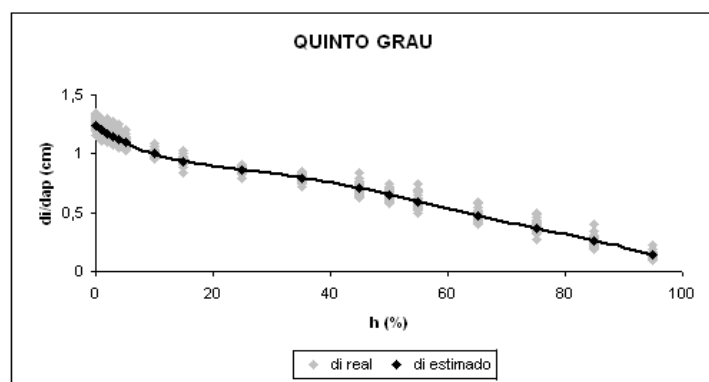


ANEXO 40- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 8 ANOS.

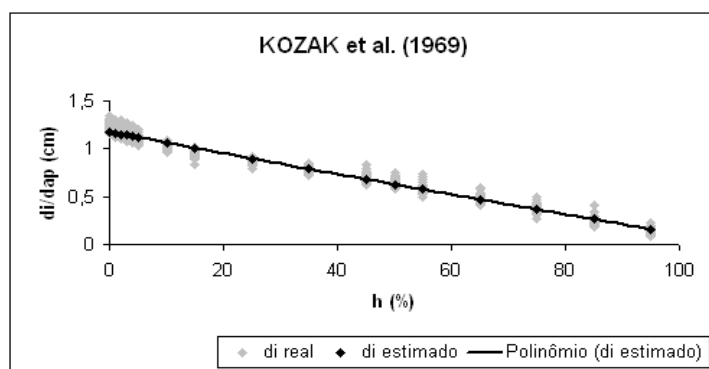
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

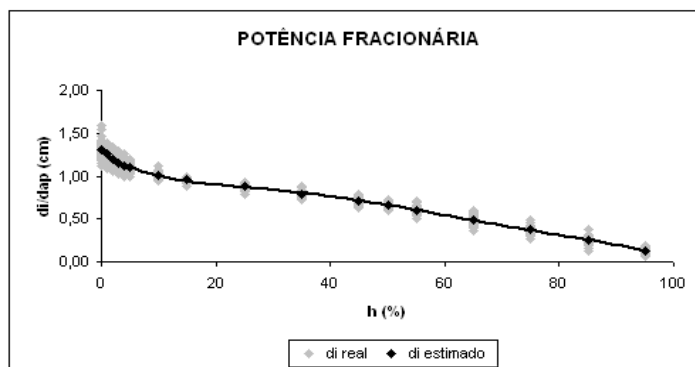


### Kozak et. al (1969)

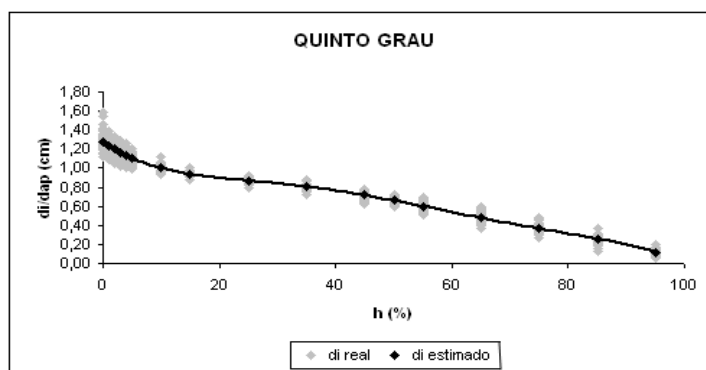


ANEXO 41 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 9 ANOS.

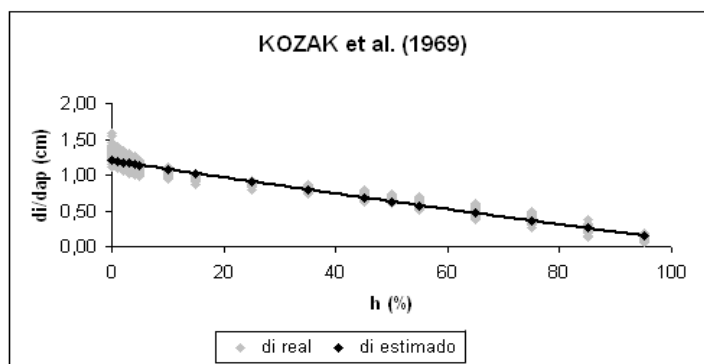
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

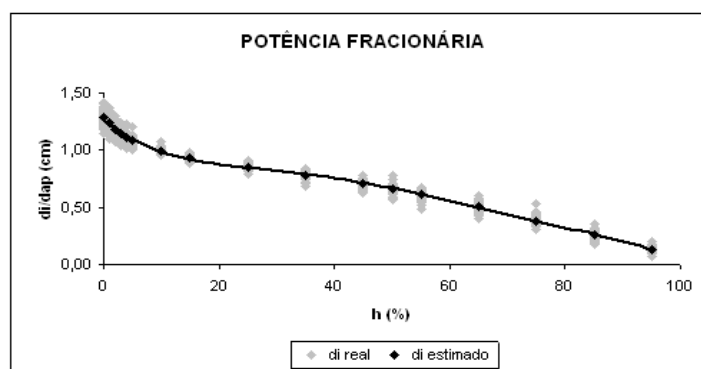


### Kozak et. al (1969)

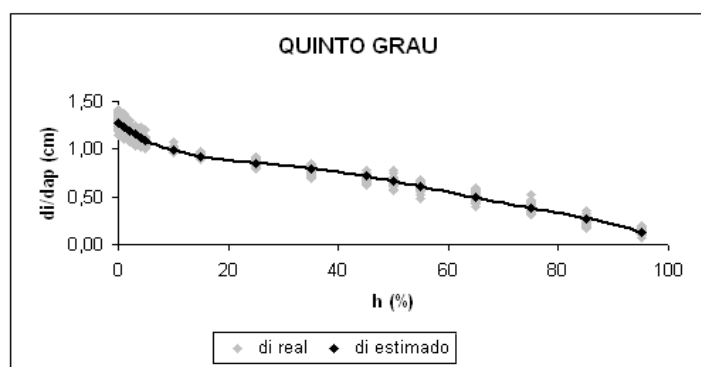


ANEXO 42 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 10 ANOS.

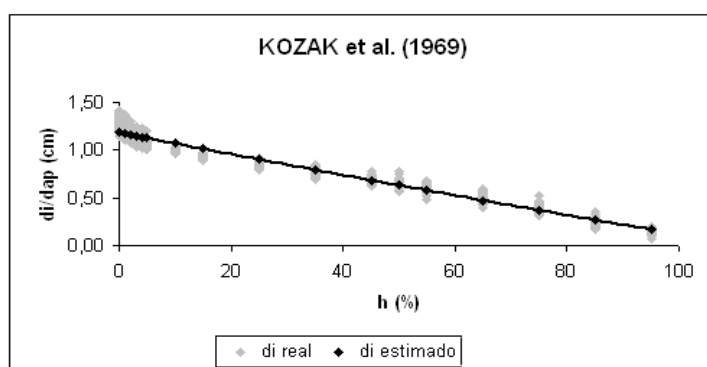
### Potência Fracionária



### Quinto Grau



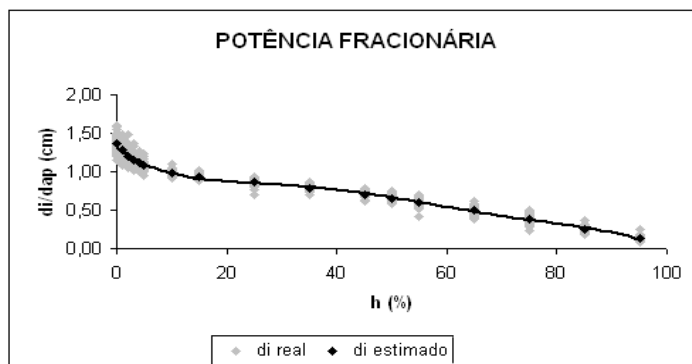
### Kozak et. al (1969)



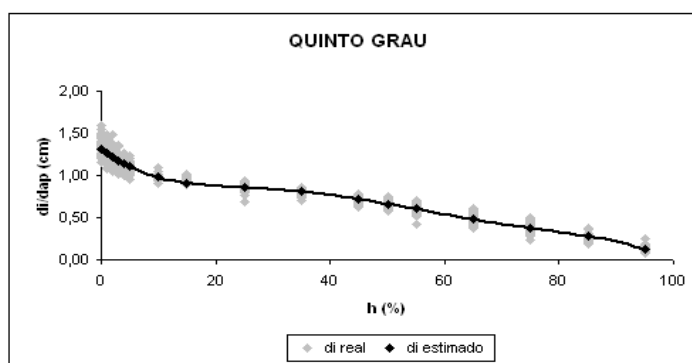
ANEXO 43- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 11 ANOS.



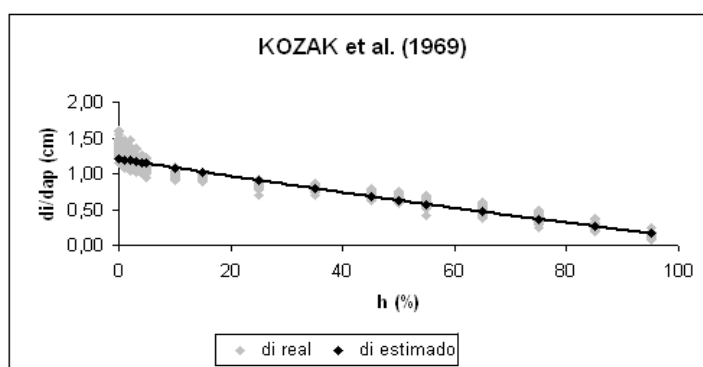
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

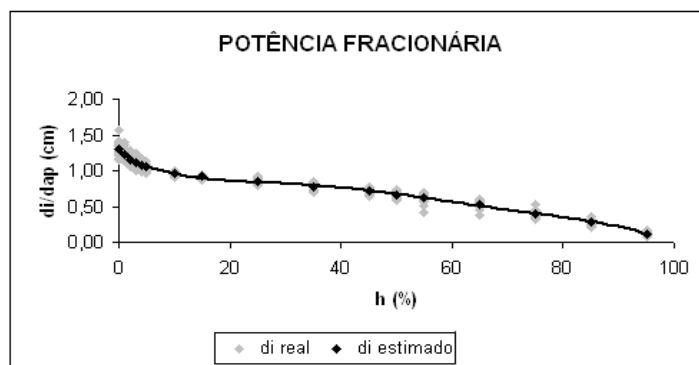


### Kozak et. al (1969)

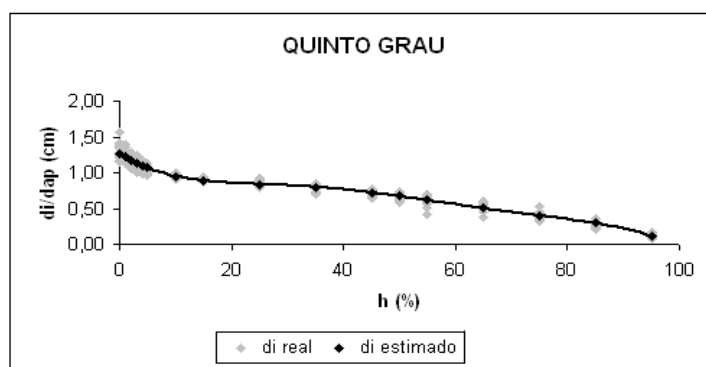


ANEXO 44 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 12ANOS.

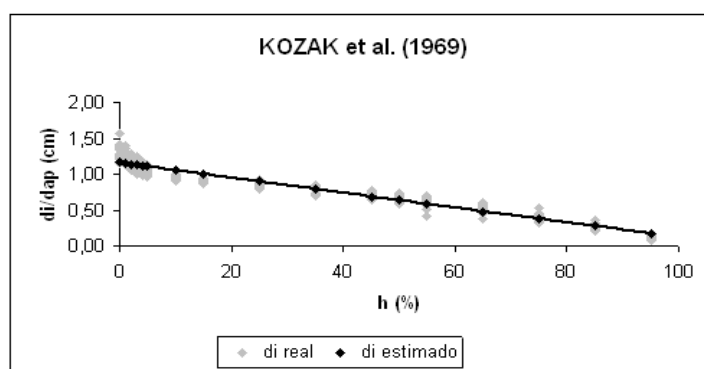
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

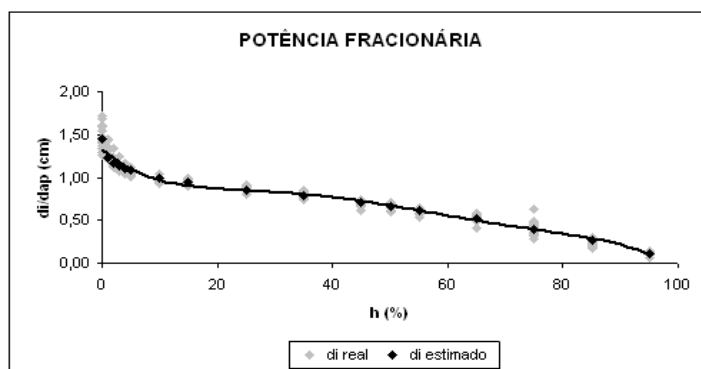


### Kozak et. al (1969)

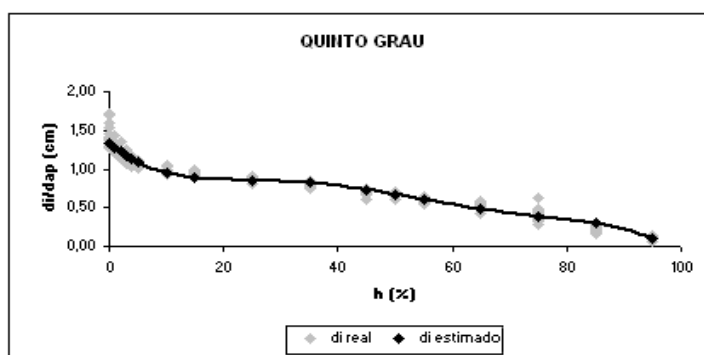


ANEXO 45 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 13 ANOS.

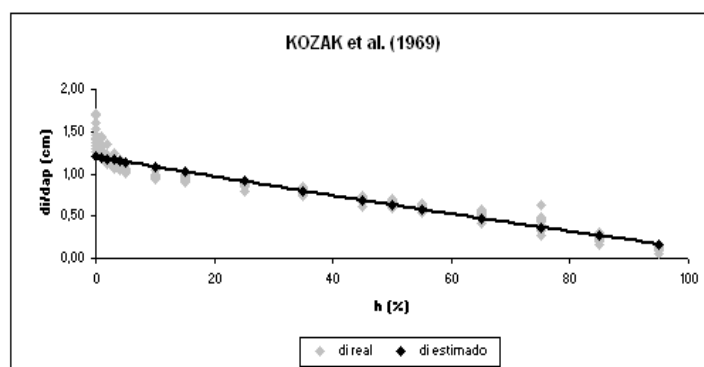
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

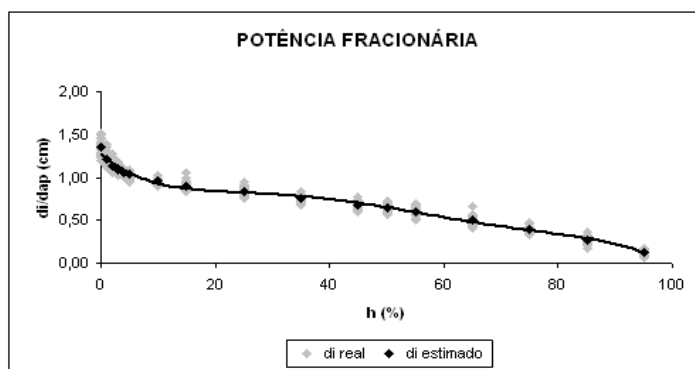


### Kozak et. al (1969)

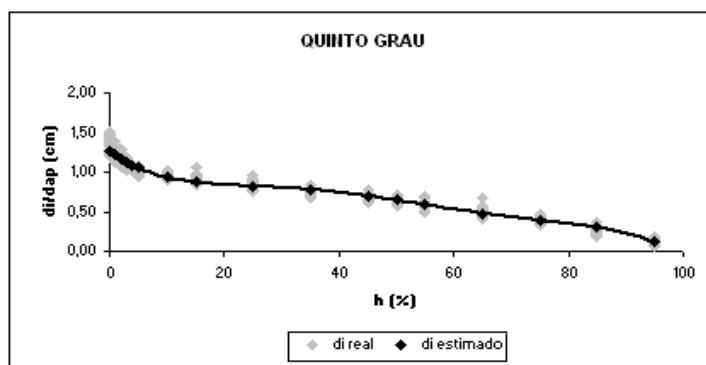


ANEXO 46 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 14 ANOS.

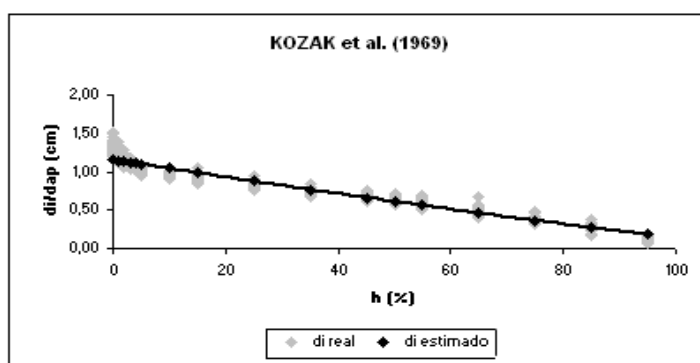
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

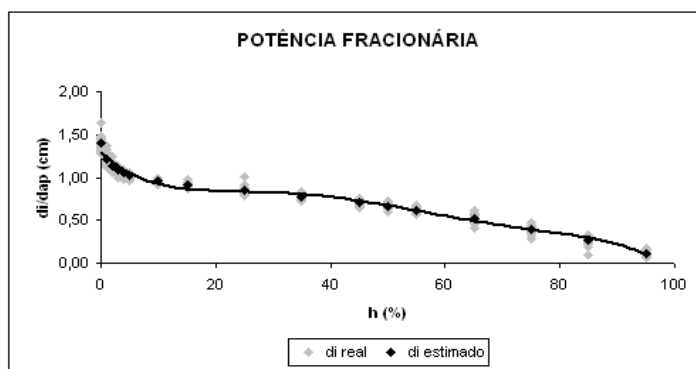


### Kozak et. al (1969)

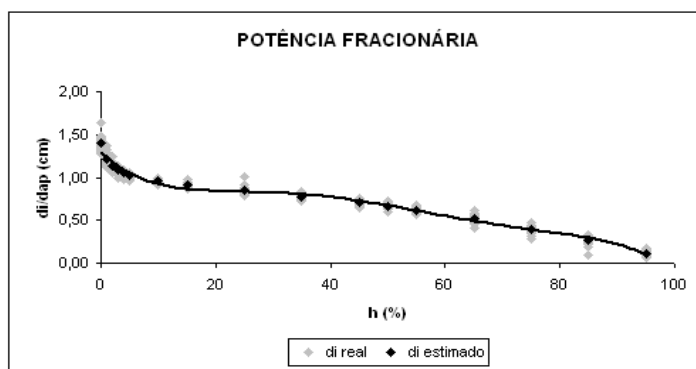


ANEXO 47 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 15 ANOS.

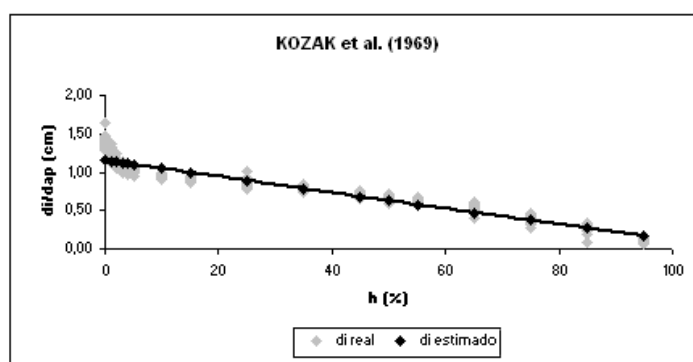
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

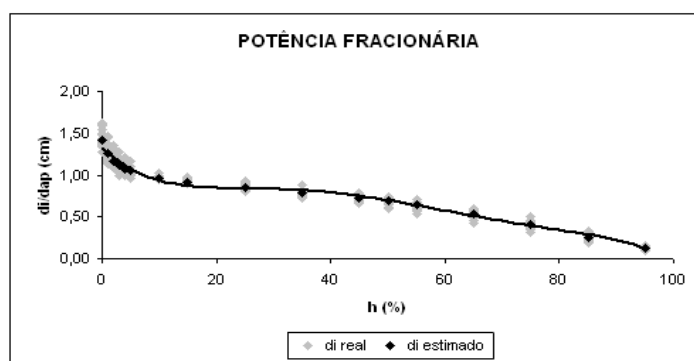


### Kozak et. al (1969)

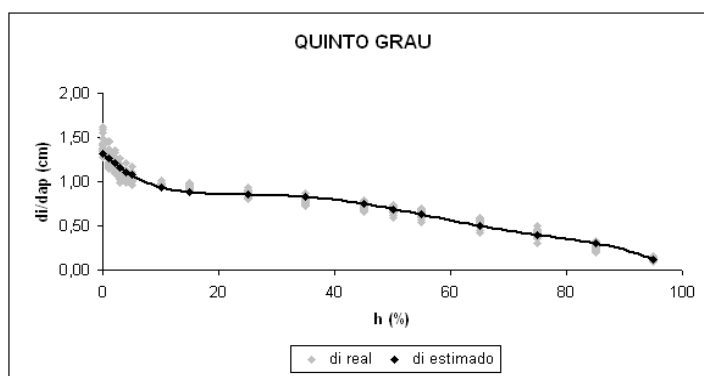


ANEXO 48 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 16 ANOS.

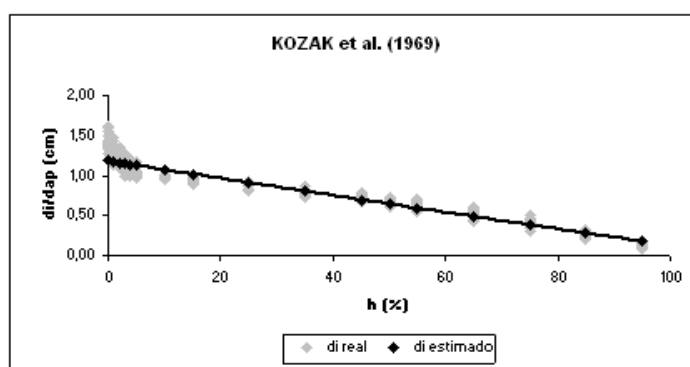
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

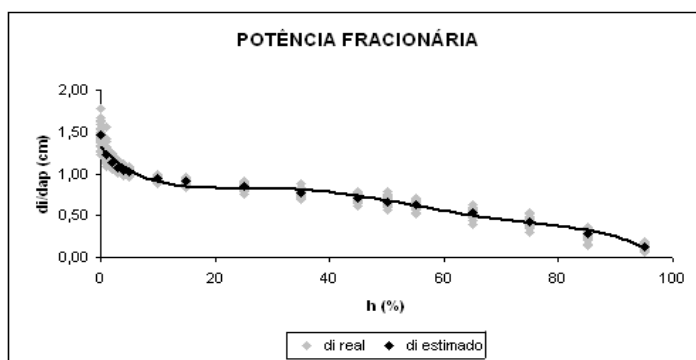


### Kozak et. al (1969)

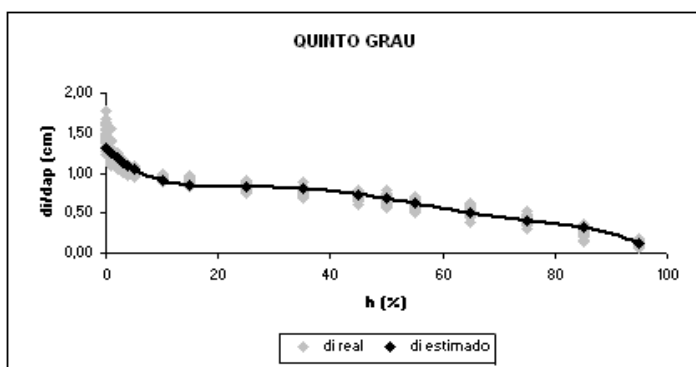


ANEXO 49- PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 17 ANOS.

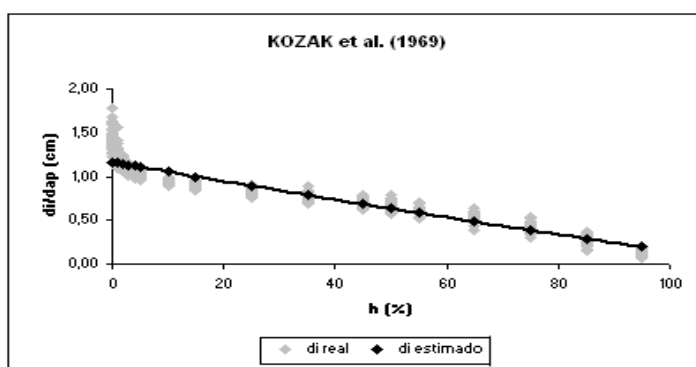
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

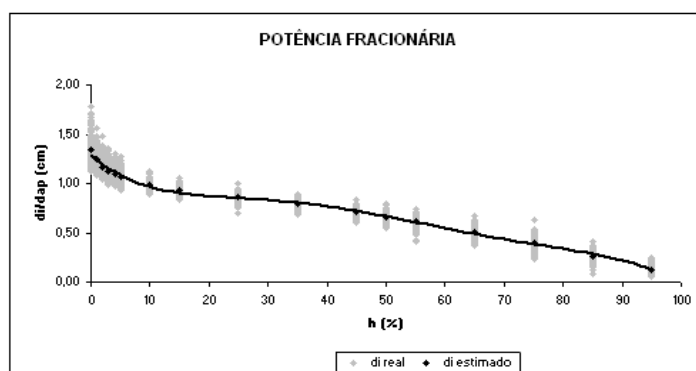


### Kozak et. al (1969)

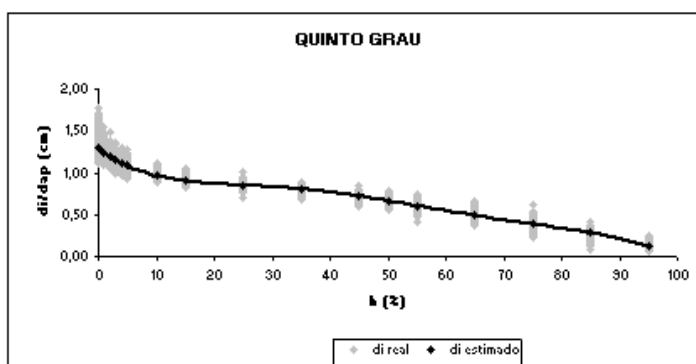


ANEXO 50 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA A CLASSE DE IDADE DE 18 ANOS.

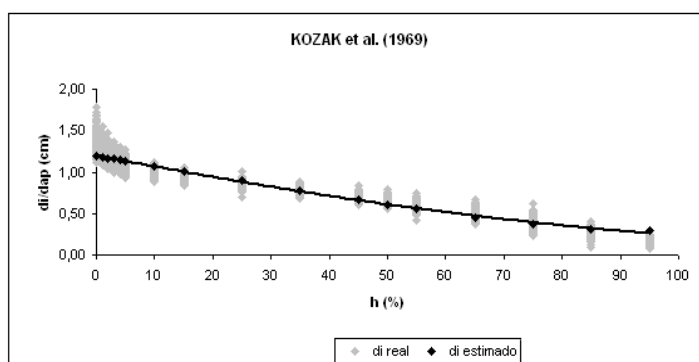
### Potência Fracionária



### Quinto Grau



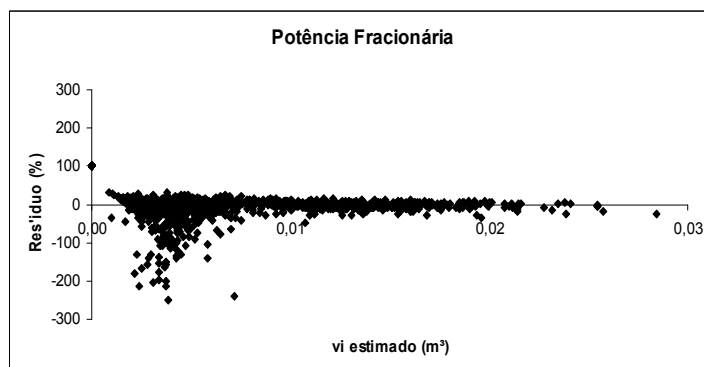
### Kozak et. al (1969)



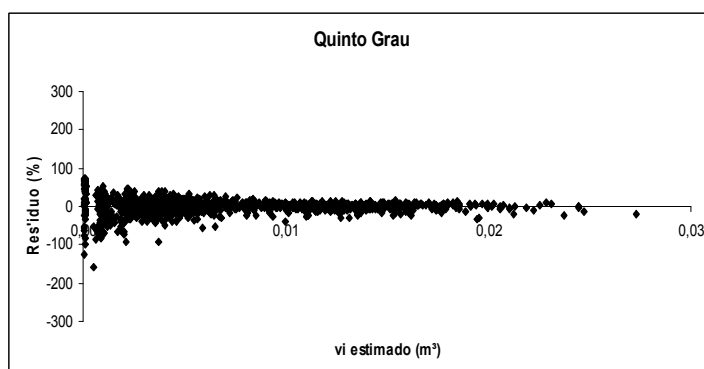
ANEXO 51 - PERFIS MÉDIOS REAIS E ESTIMADOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES TESTADAS PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.



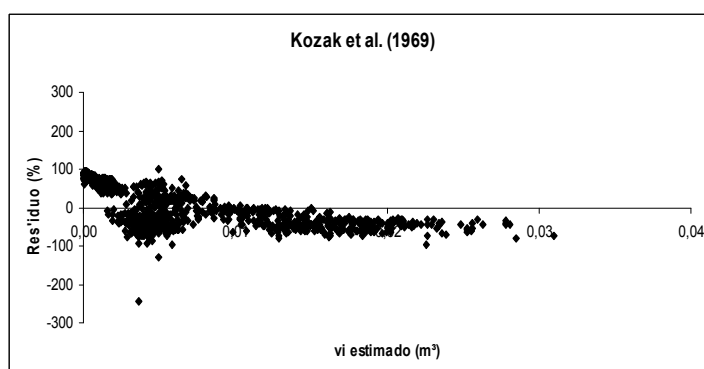
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

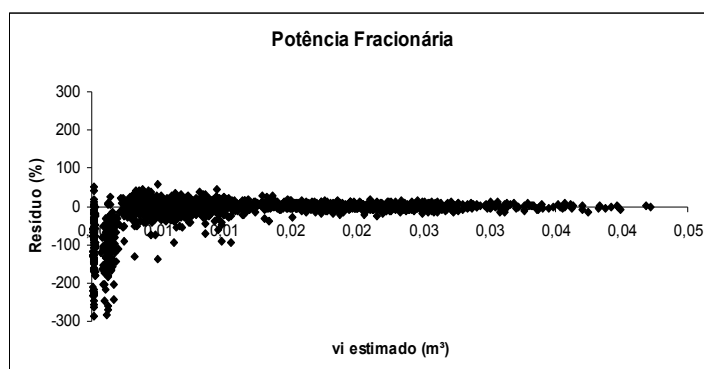


## Kozak et. al (1969)

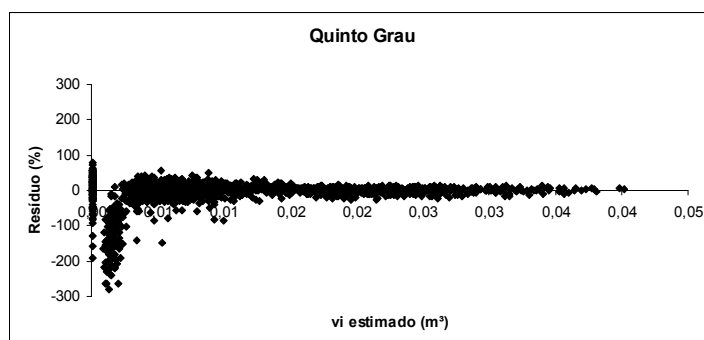


ANEXO 52 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 11,5 A 16,2 cm.

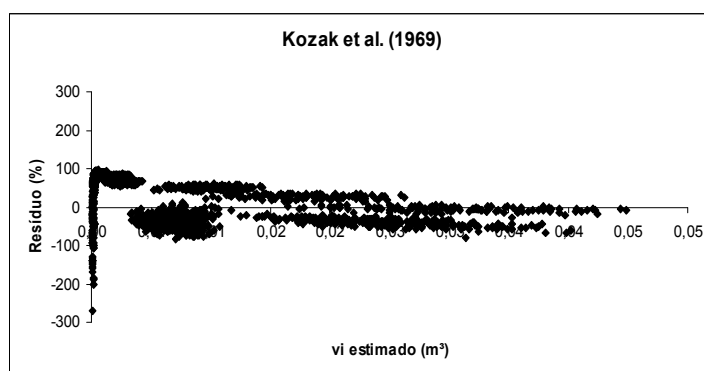
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

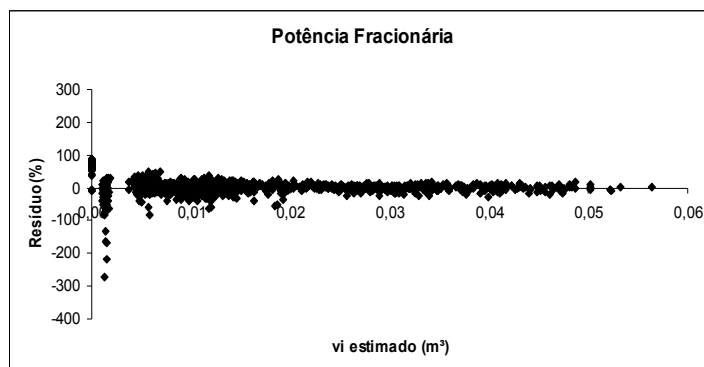


### Kozak et. al (1969)

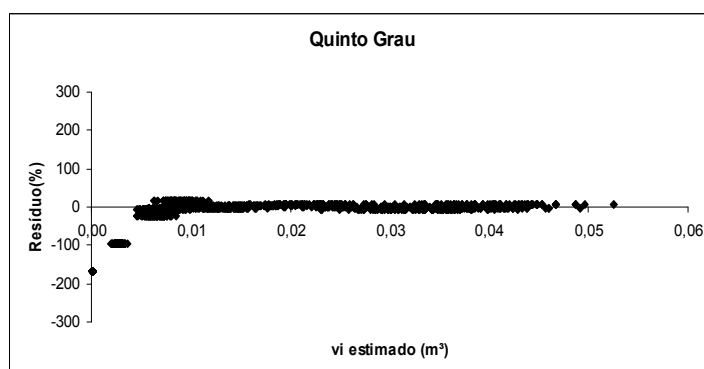


ANEXO 53 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 16,2 A 18,5 cm.

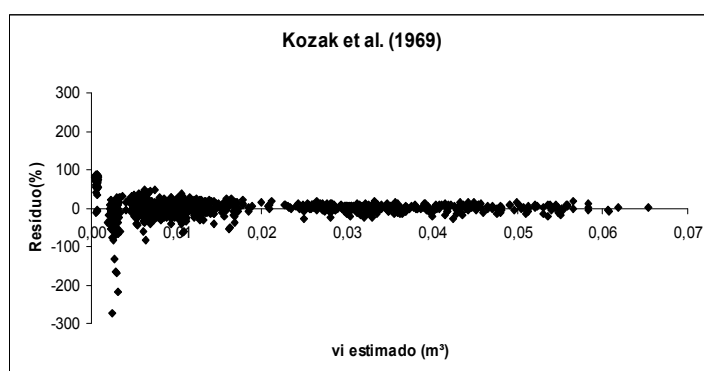
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

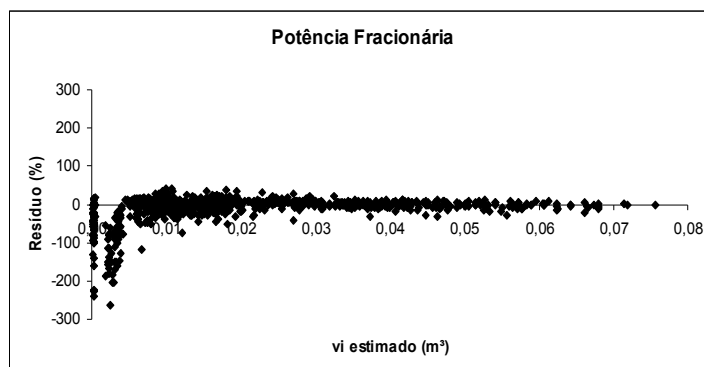


### Kozak et. al (1969)

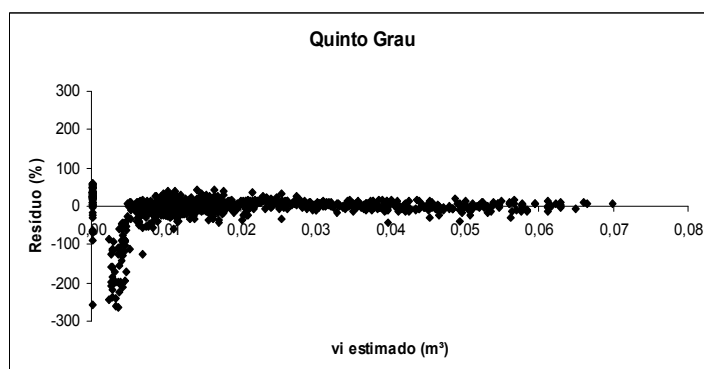


ANEXO 54 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 18,3 A 20,9 cm.

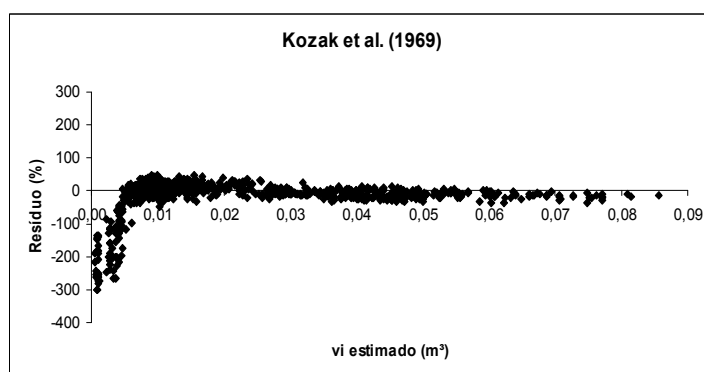
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

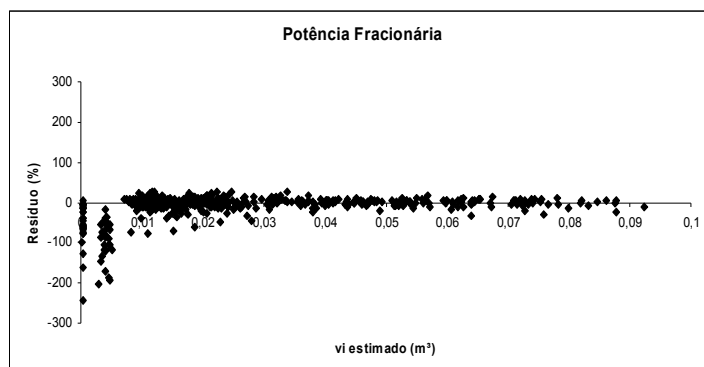


### Kozak et. al (1969)

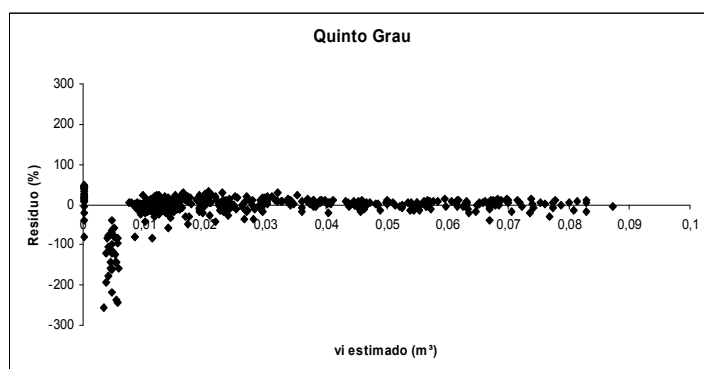


ANEXO 55 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 20,9 A 23,3 cm.

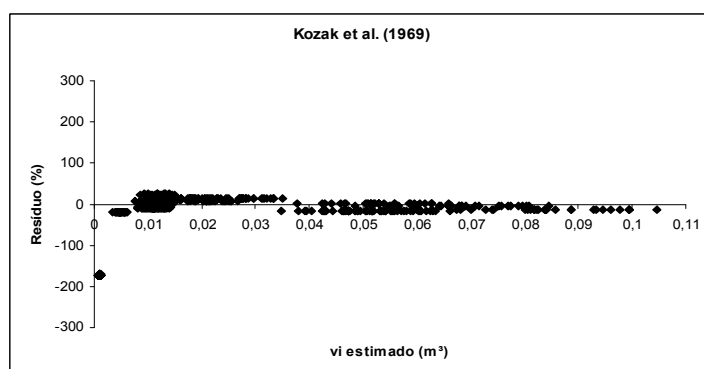
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

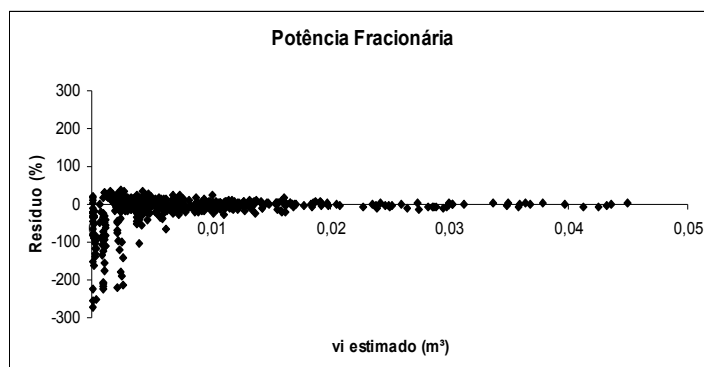


### Kozak et. al (1969)

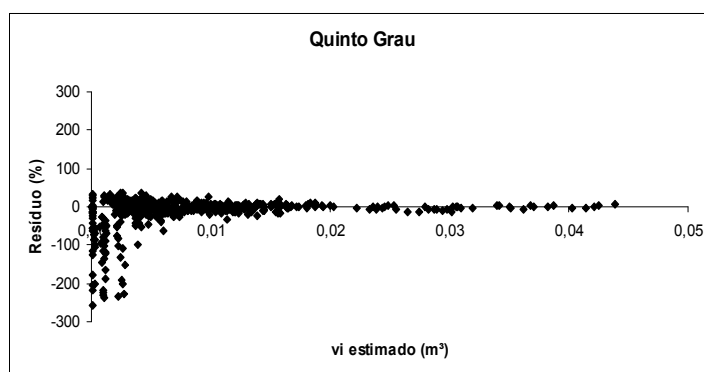


ANEXO 56 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 23,3 A 25,6 cm.

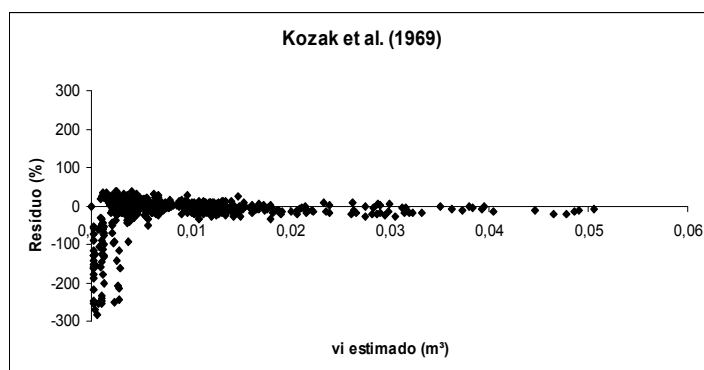
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

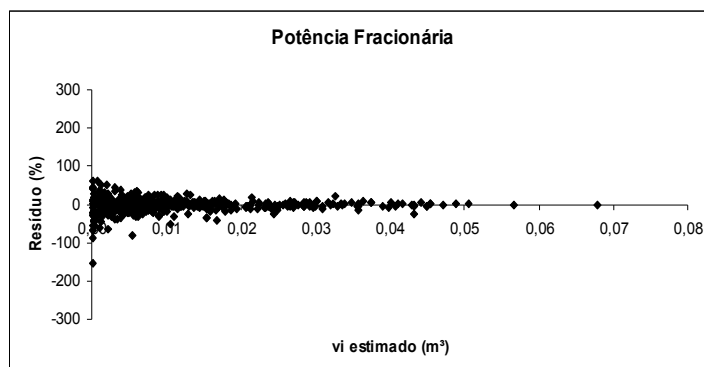


### Kozak et. al (1969)

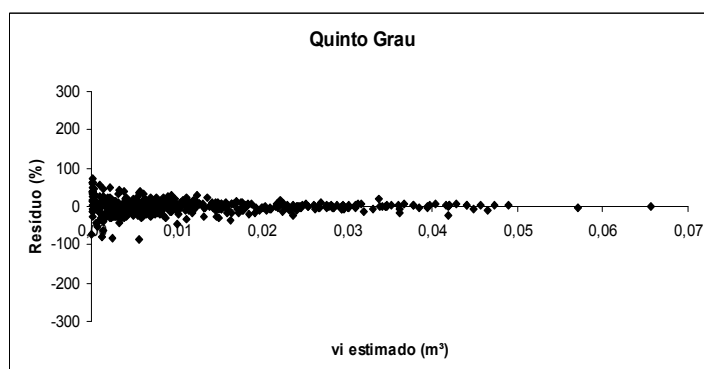


ANEXO 57 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 8 ANOS.

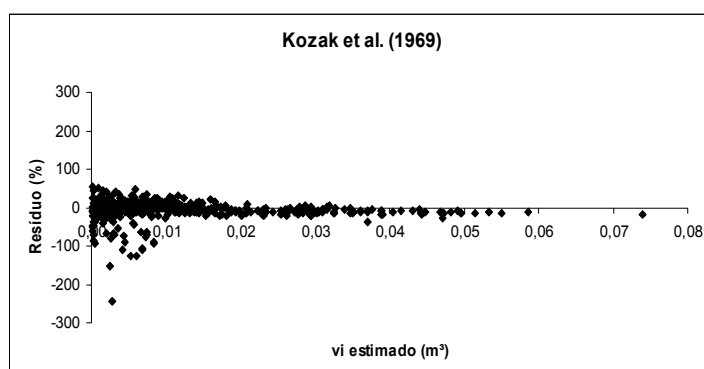
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

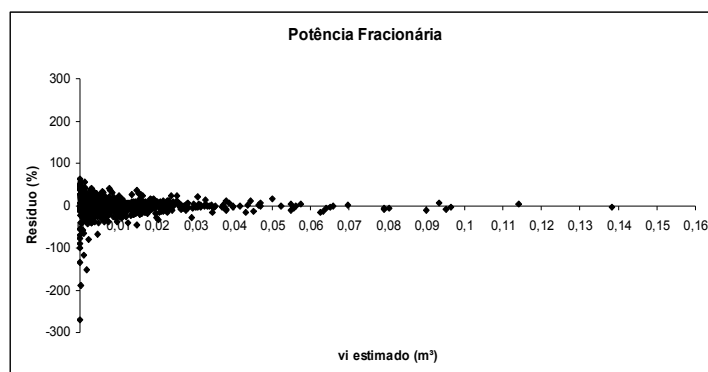


## Kozak et. al (1969)

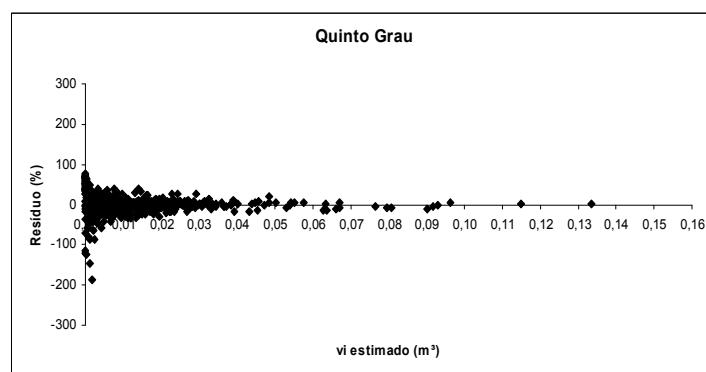


ANEXO 58 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 9 ANOS.

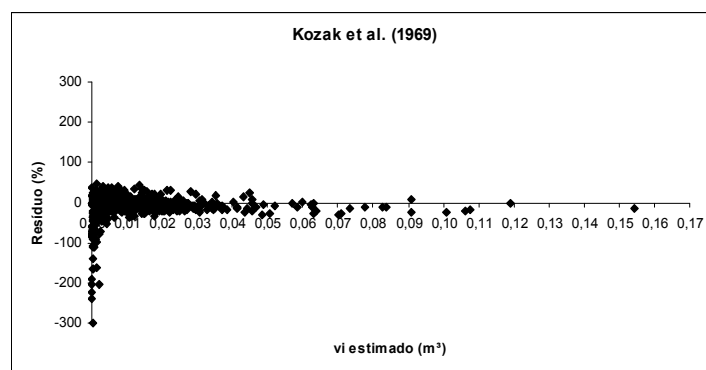
### Potência Fracionária



### Quinto Grau



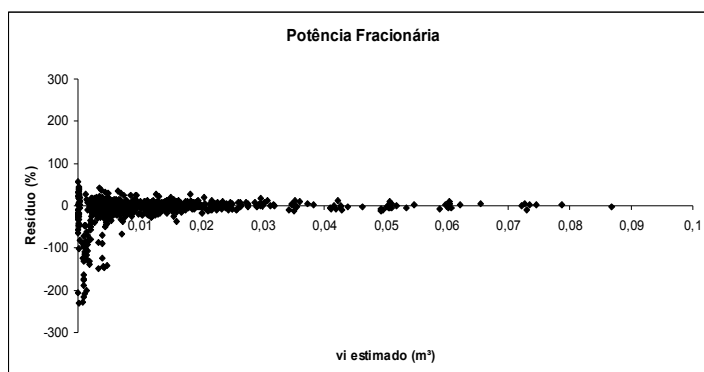
### Kozak et. al (1969)



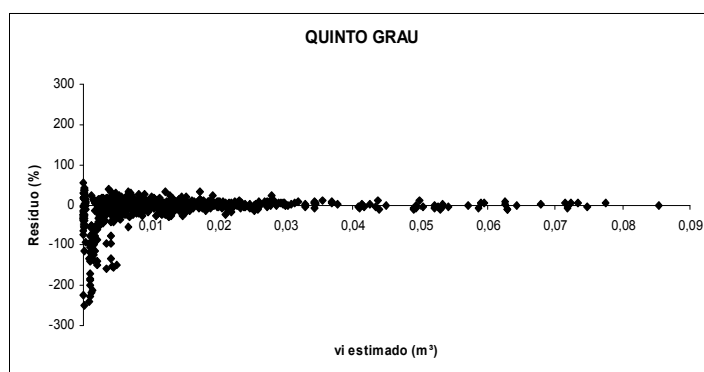
ANEXO 59 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 10 ANOS.



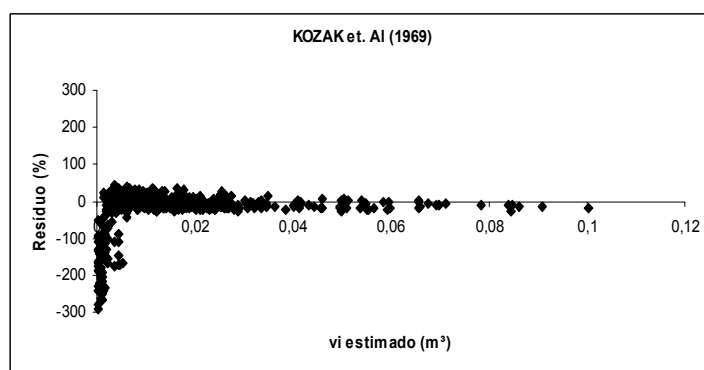
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

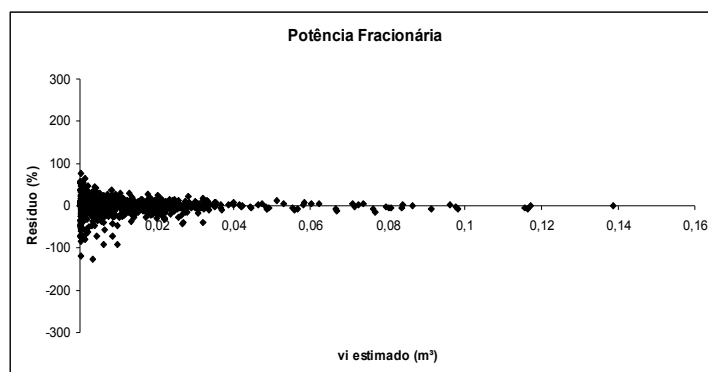


### Kozak et. al (1969)

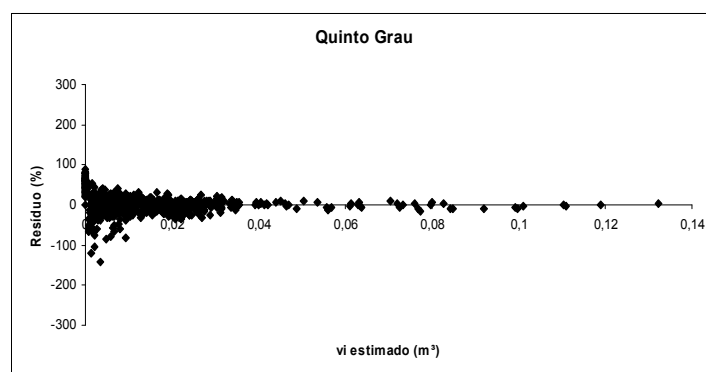


ANEXO 60 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 11 ANOS.

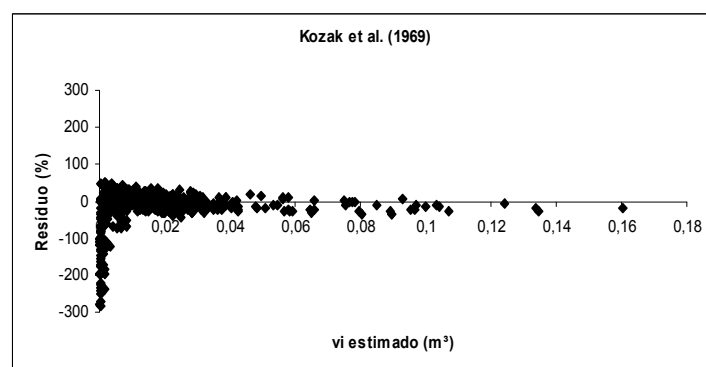
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

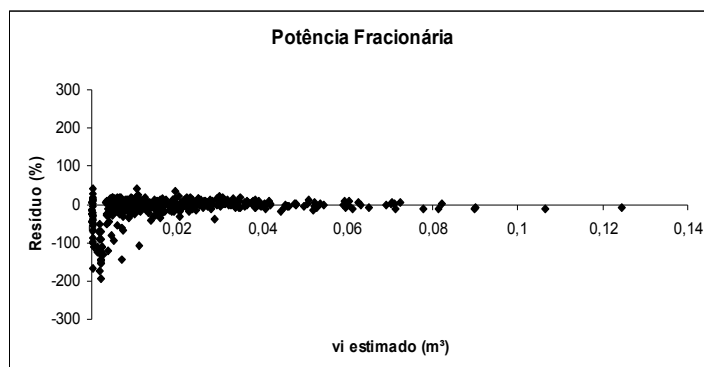


## Kozak et. al (1969)

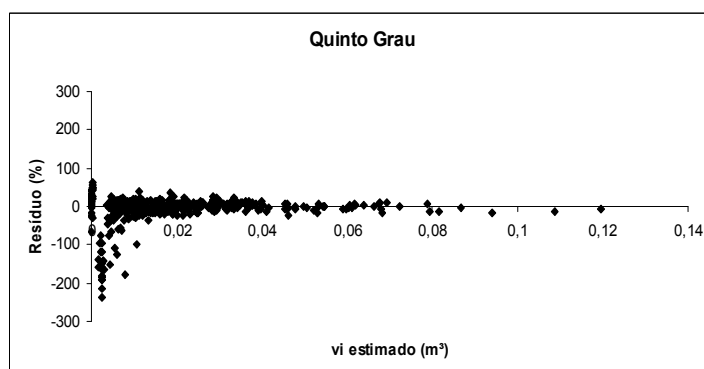


ANEXO 61 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 12 ANOS.

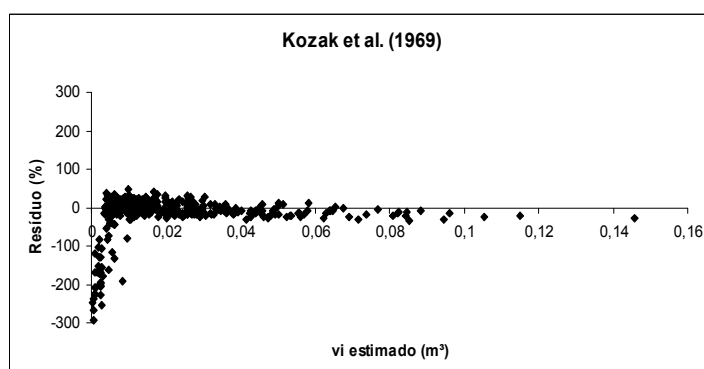
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

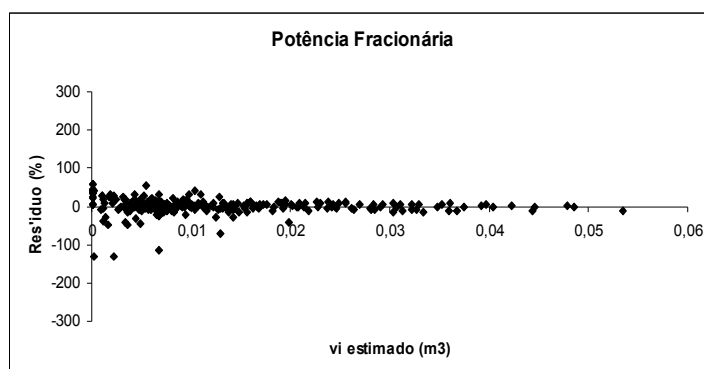


## Kozak et. al (1969)

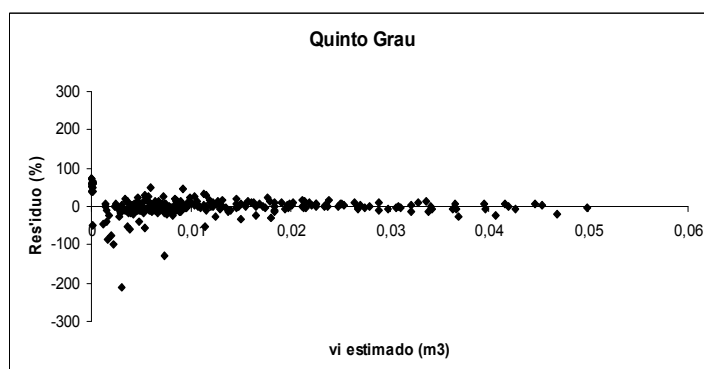


ANEXO 62 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 13 ANOS.

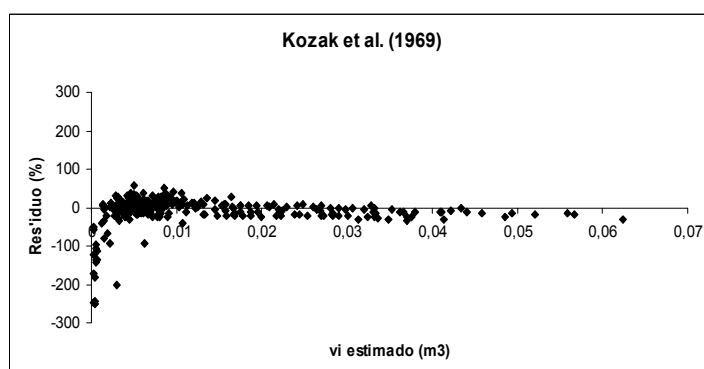
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

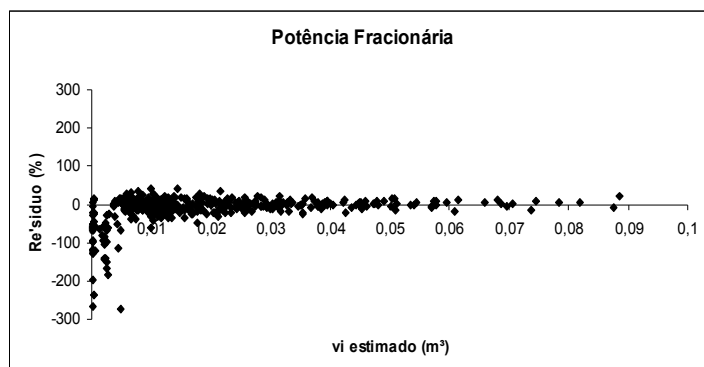


### Kozak et. al (1969)

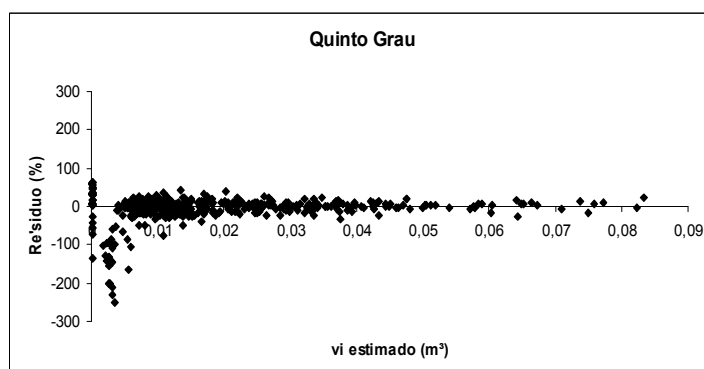


ANEXO 63 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 14 ANOS.

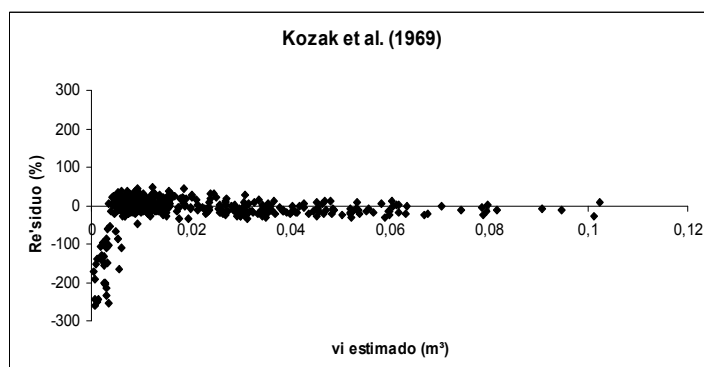
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

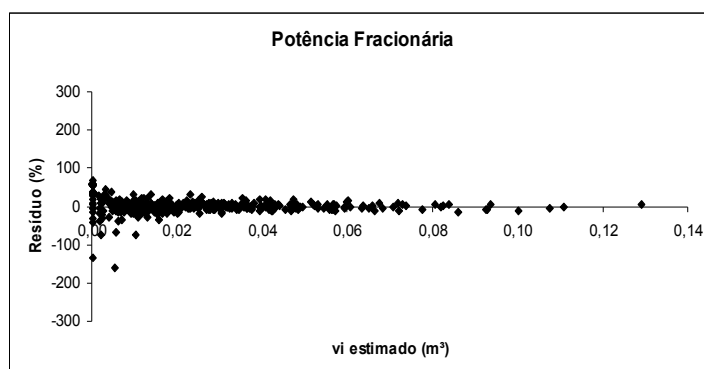


### Kozak et. al (1969)

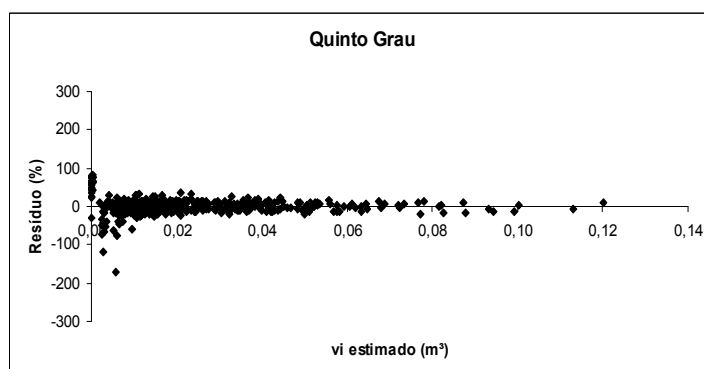


ANEXO 64 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 15 ANOS.

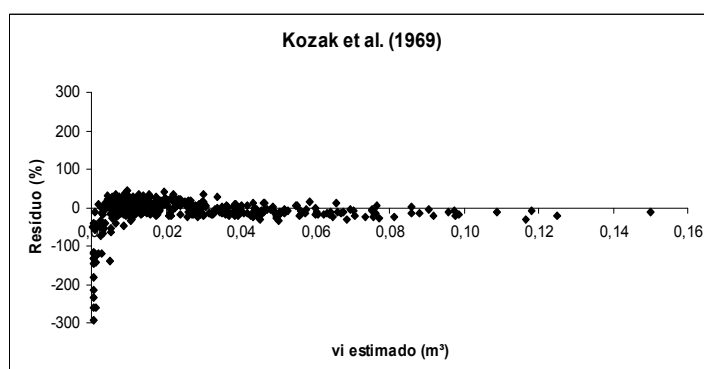
## Potência Fracionária



## Quinto Grau

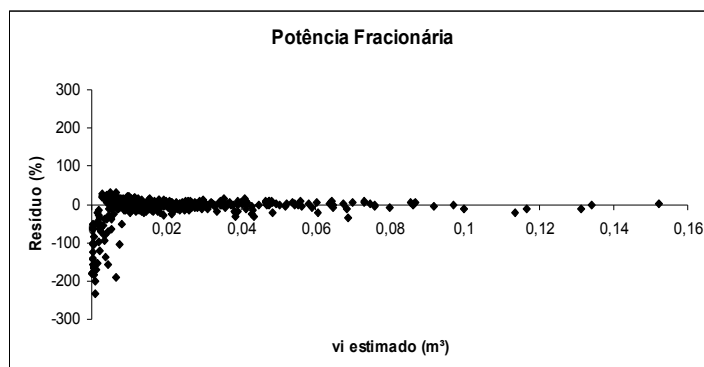


## Kozak et. al (1969)

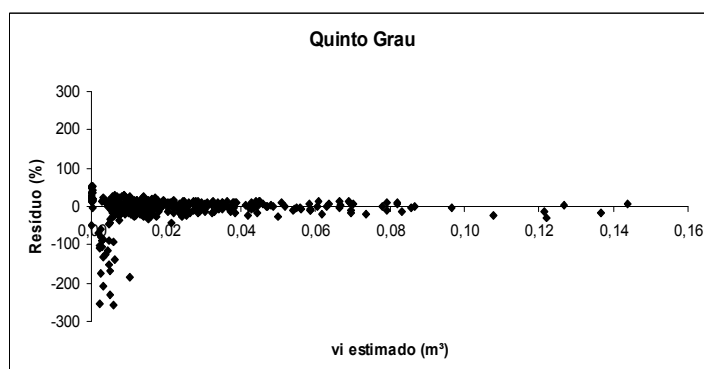


ANEXO 65 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 16 ANOS.

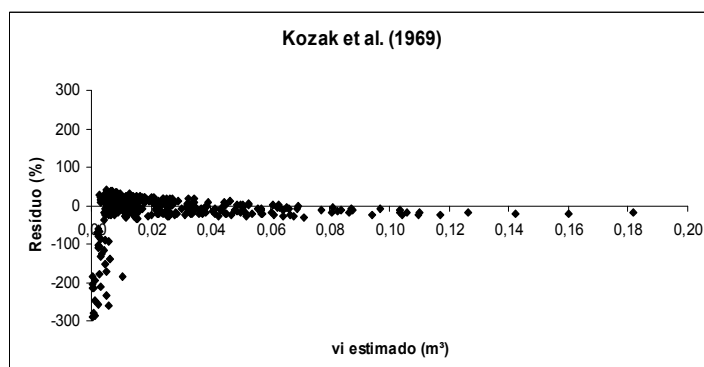
### Potência Fracionária



### Quinto Grau

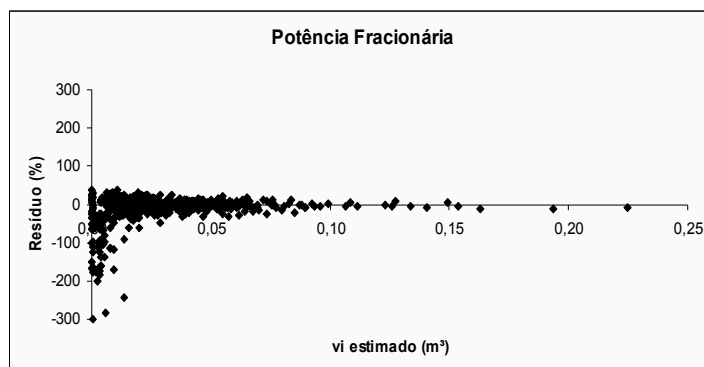


### Kozak et. al (1969)

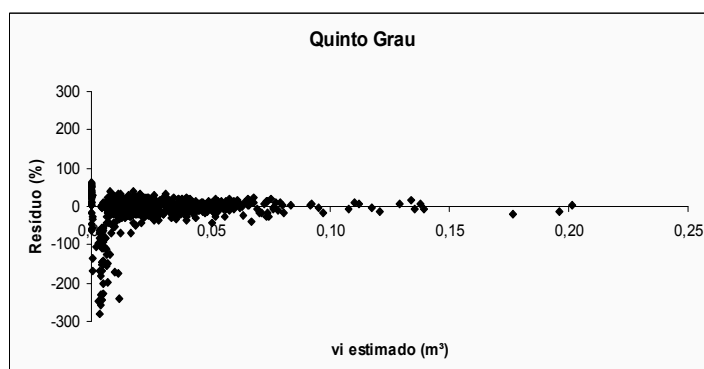


ANEXO 66 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 17 ANOS.

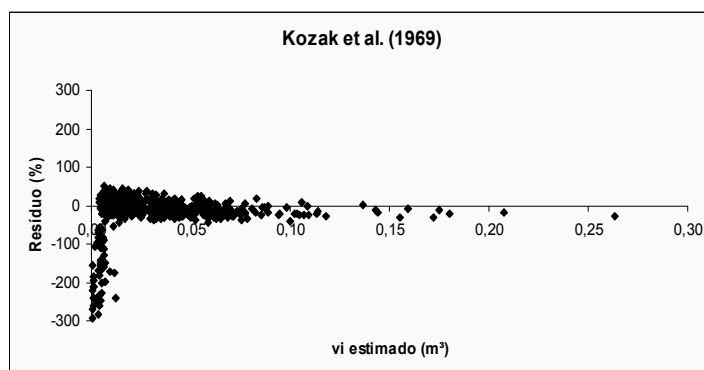
### Potência Fracionária



### Quinto Grau



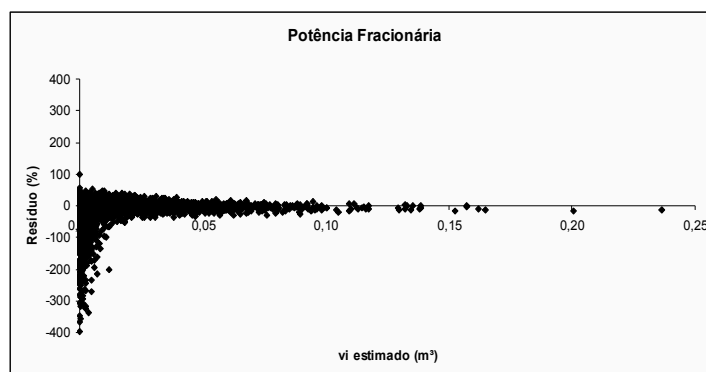
### Kozak et. al (1969)



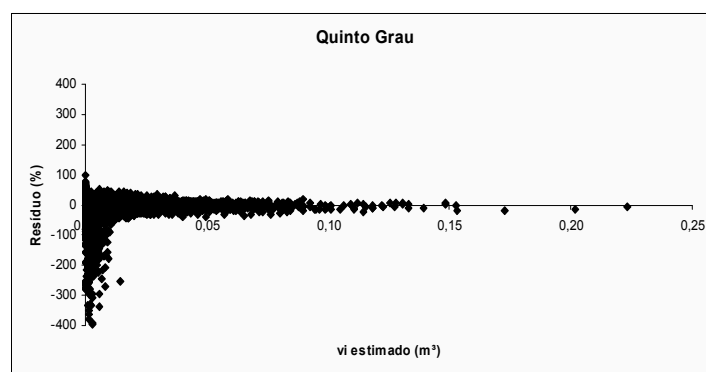
ANEXO 67 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA A CLASSE DE IDADE DE 18 ANOS.



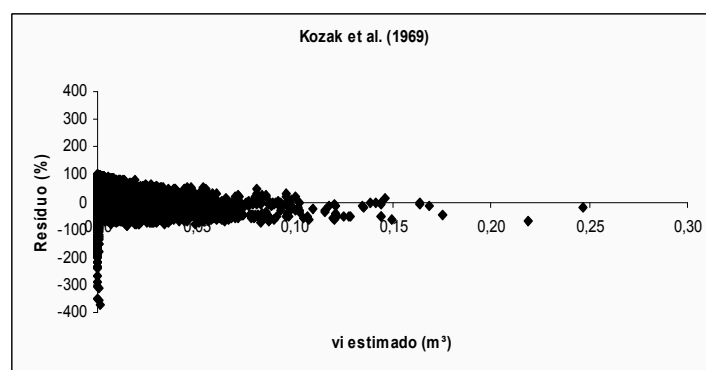
### Potência Fracionária



### Quinto Grau



### Kozak et. al (1969)



ANEXO 68 - GRÁFICO DE DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS PARA AS TRÊS EQUAÇÕES, PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

ANEXO 69 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 11.5 A 16.2 cm.

[illegible]



ANEXO 71 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 18,5 A 20,9 cm.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência	D	-0,0009	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0008	0,0003	-0,0001	0,0000	0,0000	0,0005	0,0010	0,0012	-0,0002	0,0001
Potência	DP	0,0131	0,0054	0,0035	0,0025	0,0025	0,0089	0,0084	0,0221	0,0211	0,0204	0,0105	0,0097	0,0173	0,0156	0,0130	0,0030	0,0009
Fracionária	SSRR	0,0237	0,0064	0,0029	0,0016	0,0016	0,0060	0,0048	0,0172	0,0197	0,0219	0,0132	0,0139	0,0288	0,0310	0,0362	0,0171	0,0060
	RP	3,8288	1,0434	0,5557	0,3501	0,3728	0,3124	0,2806	0,5432	0,7523	1,0490	1,4908	1,8231	2,5063	3,6356	7,0966	38,03	50,76
Quinto Grau	D	0,0008	-0,0002	-0,0005	-0,0005	-0,0004	0,0000	0,0019	0,0037	-0,0004	-0,0022	-0,0006	-0,0001	0,0013	0,0014	-0,0001	-0,0015	0,0000
Quinto Grau	DP	0,0098	0,0058	0,0055	0,0050	0,0042	0,0089	0,0179	0,0363	0,0207	0,0252	0,0113	0,0098	0,0196	0,0173	0,0105	0,0132	0,0005
	SSRR	0,0167	0,0069	0,0060	0,0051	0,0039	0,0060	0,0153	0,0374	0,0205	0,0362	0,0164	0,0140	0,0322	0,0352	0,0317	0,1985	0,0022
	RP	1,9640	1,1981	1,1949	1,0961	0,8911	0,3129	0,8657	1,1439	0,8019	1,8114	1,9586	1,8610	2,5348	3,8814	9,1881	351,65	27,52
k	D	0,0022	0,0006	-0,0002	-0,0007	-0,0009	-0,0053	-0,0050	-0,0060	-0,0020	0,0008	0,0010	0,0012	0,0026	0,0020	0,0007	-0,0016	-0,0005
Kozak et al. (1969)	DP	0,0186	0,0067	0,0040	0,0059	0,0076	0,0455	0,0428	0,0523	0,0241	0,0211	0,0126	0,0130	0,0266	0,0205	0,0113	0,0134	0,0041
	SSRR	0,0441	0,0091	0,0036	0,0068	0,0113	0,0836	0,0817	0,0826	0,0296	0,0220	0,0173	0,0207	0,0495	0,0455	0,0304	0,2030	0,1575
	RP	5,3767	1,4085	0,7006	1,4544	2,5567	4,1954	4,6449	2,7186	1,1875	1,0057	1,7215	2,3081	3,5555	4,7489	6,8307	359,14	2746,2
Potência		8	4	4	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	4	11	4	8
Quinto Grau		4	8	12	8	8	7	8	8	7	12	9	8	8	8	7	8	4
Kozak		12	12	8	12	12	12	12	12	12	7	11	12	12	12	6	12	12

ANEXO 72 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 20,9 A 23,3 cm.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência	D	-0,0007	0,0001	0,0000	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0001	-0,0003	-0,0003	0,0000	0,0001	0,0001	0,0006	0,0007	0,0004	-0,0014	-0,0001
Potência	DP	0,0101	0,0041	0,0034	0,0036	0,0032	0,0121	0,0107	0,0237	0,0229	0,0183	0,0100	0,0101	0,0221	0,0211	0,0141	0,0106	0,0008
Fracionária	SSRR	0,0138	0,0028	0,0023	0,0025	0,0021	0,0059	0,0050	0,0176	0,0179	0,0164	0,0102	0,0122	0,0335	0,0399	0,0348	0,1014	0,0065
	RP	2,3772	0,4956	0,4645	0,5566	0,4814	0,3078	0,2901	0,5999	0,7113	0,7750	1,1330	1,5614	2,7943	4,8619	8,8201	178,52	141,3
Quinto Grau	D	0,0009	-0,0003	0,0000	-0,0013	-0,0005	0,0001	0,0023	0,0038	-0,0008	-0,0024	-0,0006	0,0000	0,0018	0,0020	0,0002	-0,0020	0,0001
Quinto Grau	DP	0,0009	-0,0003	0,0000	-0,0013	-0,0005	0,0001	0,0023	0,0038	-0,0008	-0,0024	-0,0006	0,0000	0,0018	0,0020	0,0002	-0,0020	0,0001
	SSRR	0,0127	0,0036	0,0024	0,0151	0,0046	0,0058	0,0144	0,0304	0,0190	0,0276	0,0125	0,0123	0,0376	0,0469	0,0359	0,1854	0,0022
	RP	1,5715	0,6603	0,4973	3,1393	0,9770	0,3096	0,8752	1,0092	0,7507	1,3320	1,4982	1,5994	2,6510	4,4482	9,8132	308,55	25,4
k	D	0,0025	0,0006	-0,0003	-0,0008	-0,0011	-0,0060	-0,0056	-0,0075	-0,0028	0,0008	0,0012	0,0015	0,0034	0,0028	0,0012	-0,0020	-0,0006
Kozak et al. (1969)	DP	0,0192	0,0056	0,0039	0,0068	0,0083	0,0460	0,0431	0,0580	0,0274	0,0192	0,0131	0,0144	0,0309	0,0262	0,0156	0,0155	0,0049
	SSRR	0,0371	0,0045	0,0030	0,0079	0,0113	0,0690	0,0666	0,0830	0,0293	0,0167	0,0143	0,0191	0,0546	0,0579	0,0368	0,1914	0,1470
	RP	4,7068	0,7706	0,5929	1,6047	2,4304	3,2630	3,5900	2,6676	1,1404	0,7734	1,4003	2,0122	3,4372	5,0355	7,2038	317,79	2211,1
Potência		7	5	6	5	5	7	5	5	5	6	5	6	6	6	7	5	8
Quinto Grau		5	7	6	10	7	5	7	7	7	10	8	8	6	6	7	7	4
Kozak		12	12	12	9	12	12	12	12	12	8	11	12	12	12	10	12	12

ANEXO 73 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE DIÂMETRO DE 23,3 A 25,6 cm.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência	D	-0,0008	0,0002	0,0000	-0,0002	-0,0002	0,0001	0,0007	0,0013	0,0000	-0,0005	-0,0003	-0,0001	0,0005	0,0007	0,0003	-0,0019	-0,0001
Potência	DP	0,0084	0,0047	0,0031	0,0028	0,0026	0,0077	0,0105	0,0235	0,0227	0,0223	0,0116	0,0111	0,0202	0,0170	0,0102	0,0103	0,0006
Fracionária	SSRR	0,0079	0,0024	0,0013	0,0010	0,0010	0,0023	0,0039	0,0107	0,0146	0,0158	0,0095	0,0096	0,0205	0,0219	0,0150	0,0660	0,0025
	RP	2,1809	0,6176	0,4081	0,3558	0,3452	0,1707	0,3184	0,4964	0,7882	1,0477	1,5469	1,8155	2,7177	4,7564	6,3663	151,24	53,63
Quinto Grau	D	0,0011	-0,0002	-0,0007	-0,0008	-0,0007	0,0001	0,0030	0,0053	-0,0007	-0,0031	-0,0009	0,0000	0,0022	0,0022	-0,0001	-0,0026	0,0001
Quinto Grau	DP	0,0092	0,0047	0,0044	0,0047	0,0040	0,0077	0,0189	0,0356	0,0224	0,0271	0,0125	0,0111	0,0220	0,0189	0,0101	0,0143	0,0004
	SSRR	0,0078	0,0025	0,0027	0,0029	0,0023	0,0023	0,0095	0,0196	0,0152	0,0225	0,0111	0,0095	0,0224	0,0248	0,0159	0,1174	0,0009
	RP	1,6164	0,7019	0,8736	0,9815	0,7941	0,1704	0,7806	0,8965	0,8292	1,5610	1,8733	1,7937	2,6028	4,4681	7,1939	258,08	11,55
k	D	0,0030	0,0009	-0,0003	-0,0010	-0,0013	-0,0071	-0,0065	-0,0088	-0,0037	0,0005	0,0014	0,0018	0,0045	0,0035	0,0011	0,00	-0,0007
Kozak et al. (1969)	DP	0,0168	0,0058	0,0033	0,0053	0,0069	0,0386	0,0356	0,0481	0,0265	0,0225	0,0129	0,0135	0,0292	0,0232	0,0114	0,0150	0,0039
	SSRR	0,0213	0,0037	0,0016	0,0036	0,0057	0,0342	0,0340	0,0426	0,0224	0,0153	0,0105	0,0127	0,0332	0,0320	0,0159	0,1269	0,0686
	RP	4,3264	0,9207	0,5086	1,2108	1,9664	2,5020	2,7598	1,9714	1,2539	0,9778	1,4988	2,0092	3,3517	5,0494	5,6592	277,54	1177,6
Potência		6	5	4	4	4	8	4	4	5	6	5	7	5	5	7	4	7
Quinto Grau		6	7	12	8	8	4	8	8	7	12	10	5	7	7	7	8	5
Kozak		12	12	8	12	12	12	12	12	12	6	9	12	12	12	10	12	12

ANEXO 74 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE IDADE DE 8 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0003	-0,0001	-0,0001	0,0000	0,0000	-0,0004	-0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	-0,0001	-0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	-0,0007	-0,0001
	DP	0,0028	0,0022	0,0018	0,0016	0,0015	0,0054	0,0034	0,0052	0,0045	0,0046	0,0027	0,0026	0,0053	0,0053	0,0035	0,0039	0,0004
	SSRR	0,0026	0,0018	0,0014	0,0011	0,0010	0,0031	0,0015	0,0023	0,0021	0,0026	0,0023	0,0027	0,0067	0,0093	0,0066	0,0332	0,0036
	RP	0,0929	0,0731	0,0622	0,0594	0,0559	0,0401	0,0238	0,0220	0,0263	0,0379	0,0842	0,1282	0,1823	0,4415	0,5330	9,5692	8,7131
Quinto Grau	D	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	DP	0,0005	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0013	0,0008	0,0015	0,0010	0,0012	0,0007	0,0006	0,0014	0,0013	0,0009	0,0010	0,0001
	SSRR	0,0016	0,0018	0,0016	0,0013	0,0011	0,0032	0,0014	0,0028	0,0022	0,0031	0,0025	0,0027	0,0066	0,0092	0,0069	0,0380	0,0021
	RP	0,0661	0,0733	0,0683	0,0643	0,0602	0,0406	0,0252	0,0269	0,0266	0,0442	0,0901	0,1258	0,1741	0,4190	0,5739	10,958	5,3055
Kozak et al. (1969)	D	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	-0,0001	-0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	DP	0,0007	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0032	0,0031	0,0039	0,0012	0,0014	0,0009	0,0009	0,0017	0,0013	0,0009	0,0011	0,0003
	SSRR	0,0029	0,0017	0,0013	0,0014	0,0018	0,0145	0,0145	0,0143	0,0031	0,0031	0,0028	0,0034	0,0081	0,0094	0,0066	0,0448	0,0257
	RP	0,1336	0,0819	0,0618	0,0682	0,0851	0,1511	0,1766	0,1039	0,0355	0,0426	0,0894	0,1331	0,1873	0,4033	0,5334	12,865	56,205
Potência		9	5	8	4	4	4	7	4	6	4	4	8	6	8	7	4	8
Quinto Grau		4	10	12	8	8	8	5	8	6	9	9	4	6	6	8	8	4
Kozak		11	9	4	12	12	12	12	12	12	11	11	12	12	10	9	12	12

ANEXO 75 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 9 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	DP	0,0007	0,0005	0,0004	0,0004	0,0003	0,0015	0,0011	0,0015	0,0018	0,0023	0,0012	0,0012	0,0021	0,0015	0,0010	0,0005	0,0001
	SSRR	0,0023	0,0011	0,0010	0,0007	0,0007	0,0025	0,0019	0,0039	0,0034	0,0067	0,0048	0,0053	0,0121	0,0097	0,0077	0,0043	0,0012
	RP	0,0650	0,0385	0,0407	0,0297	0,0337	0,0266	0,0198	0,0224	0,0239	0,0533	0,0900	0,1267	0,2019	0,2375	0,3429	0,4652	1,2063
Quinto Grau	D	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	DP	0,0004	0,0005	0,0005	0,0004	0,0004	0,0015	0,0008	0,0019	0,0018	0,0022	0,0013	0,0012	0,0022	0,0016	0,0010	0,0005	0,0001
	SSRR	0,0007	0,0011	0,0012	0,0009	0,0009	0,0024	0,0014	0,0038	0,0034	0,0067	0,0049	0,0053	0,0117	0,0095	0,0078	0,0049	0,0013
	RP	0,0217	0,0393	0,0442	0,0336	0,0368	0,0264	0,0191	0,0234	0,0241	0,0591	0,0976	0,1277	0,1838	0,2152	0,3628	0,6297	0,7508
Kozak et al. (1969)	D	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0001	-0,0001	-0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	DP	0,0008	0,0005	0,0004	0,0004	0,0005	0,0034	0,0037	0,0047	0,0019	0,0025	0,0014	0,0014	0,0025	0,0017	0,0010	0,0006	0,0002
	SSRR	0,0025	0,0012	0,0010	0,0010	0,0015	0,0118	0,0147	0,0167	0,0042	0,0076	0,0059	0,0062	0,0128	0,0098	0,0077	0,0056	0,0036
	RP	0,0752	0,0460	0,0409	0,0364	0,0540	0,0859	0,1198	0,0860	0,0307	0,0561	0,0970	0,1257	0,1799	0,2136	0,3501	0,7659	3,7926
Potência		8	4	4	4	4	8	8	5	7	7	5	7	7	7	6	6	5
Quinto Grau		4	8	12	8	8	4	4	7	5	6	8	7	7	7	10	7	7
Kozak		12	12	8	12	12	12	12	12	12	11	11	10	10	10	8	11	12



ANEXO 76 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE IDADE DE 10 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																	
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95	
Potência Fracionária	D	-0,0008	-0,0003	-0,0001	-0,0002	-0,0003	-0,0010	-0,0007	-0,0002	0,0004	0,0002	0,0001	0,0001	0,0004	0,0006	0,0005	0,0003	0,0000	
	DP	0,0072	0,0045	0,0040	0,0038	0,0034	0,0124	0,0073	0,0091	0,0109	0,0126	0,0070	0,0074	0,0138	0,0119	0,0080	0,0037	0,0006	
	SSRR	0,0091	0,0036	0,0031	0,0032	0,0030	0,0076	0,0030	0,0031	0,0044	0,0065	0,0052	0,0064	0,0157	0,0173	0,0137	0,0088	0,0026	
	RP	3,2643	1,7721	1,8252	1,6076	1,4813	0,9241	0,4627	0,3771	0,6154	0,9371	1,5845	2,1540	3,8295	6,7592	9,9302	22,272	99,970	
Quinto Grau	D	0,0000	-0,0003	-0,0003	-0,0004	-0,0005	-0,0011	0,0001	0,0014	0,0002	-0,0008	-0,0002	0,0001	0,0010	0,0011	0,0004	0,0000	0,0001	
	DP	0,0055	0,0045	0,0043	0,0043	0,0040	0,0127	0,0055	0,0114	0,0106	0,0130	0,0072	0,0074	0,0139	0,0123	0,0079	0,0035	0,0009	
	SSRR	0,0055	0,0036	0,0036	0,0041	0,0039	0,0078	0,0021	0,0043	0,0043	0,0076	0,0054	0,0064	0,0163	0,0186	0,0137	0,0097	0,0033	
	RP	2,0658	1,7719	1,8978	1,8000	1,7413	0,9264	0,4635	0,5604	0,6113	1,1763	1,8188	2,1658	3,5514	6,1662	10,702	31,965	46,633	
Kozak et al. (1969)	D	0,0009	0,0002	-0,0001	-0,0005	-0,0008	-0,0045	-0,0046	-0,0055	-0,0012	0,0011	0,0010	0,0011	0,0021	0,0015	0,0005	-0,0001	-0,0001	
	DP	0,0067	0,0041	0,0040	0,0044	0,0051	0,0279	0,0270	0,0324	0,0112	0,0131	0,0081	0,0085	0,0162	0,0128	0,0080	0,0036	0,0009	
	SSRR	0,0074	0,0031	0,0030	0,0044	0,0060	0,0333	0,0308	0,0265	0,0060	0,0074	0,0072	0,0091	0,0213	0,0204	0,0138	0,0110	0,0093	
	RP	3,5730	1,8686	1,8221	1,9100	2,5901	3,5909	4,2817	2,2752	0,8134	0,9811	1,8321	2,6012	4,0426	6,2206	9,7781	39,234	417,30	
Potência		10	6	8	4	4	4	7	4	8	5	5	5	5	6	7	8	5	
Quinto Grau		4	9	12	8	8	8	5	8	4	9	9	7	7	7	8	6	7	
Kozak		10	9	4	12	12	12	12	12	12	10	10	12	12	11	9	10	12	

ANEXO 77 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE IDADE DE 11 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0005	-0,0001	-0,0002	-0,0002	-0,0003	-0,0007	-0,0001	0,0009	0,0010	0,0002	-0,0001	-0,0001	-0,0001	0,0006	0,0005	-0,0009	0,0000
	DP	0,0048	0,0032	0,0032	0,0030	0,0028	0,0079	0,0039	0,0105	0,0112	0,0085	0,0043	0,0045	0,0085	0,0079	0,0049	0,0061	0,0002
	SSRR	0,0055	0,0025	0,0027	0,0026	0,0023	0,0038	0,0012	0,0046	0,0066	0,0053	0,0039	0,0048	0,0100	0,0109	0,0079	0,0519	0,0008
	RP	1,5143	0,7935	0,9823	0,9195	0,9424	0,3344	0,1463	0,3317	0,5860	0,6771	1,2225	1,9401	2,7617	3,2059	3,6838	197,27	31,469
Quinto Grau	D	0,0001	-0,0002	-0,0003	-0,0003	-0,0004	-0,0006	0,0005	0,0014	0,0000	-0,0008	-0,0002	0,0001	0,0008	0,0009	0,0002	-0,0010	0,0000
	DP	0,0036	0,0033	0,0034	0,0035	0,0032	0,0076	0,0045	0,0125	0,0098	0,0093	0,0044	0,0045	0,0099	0,0089	0,0043	0,0066	0,0002
	SSRR	0,0032	0,0026	0,0033	0,0034	0,0030	0,0035	0,0017	0,0062	0,0054	0,0068	0,0040	0,0045	0,0109	0,0130	0,0067	0,0588	0,0008
	RP	1,0435	0,7980	1,0647	1,0873	1,1350	0,3232	0,2603	0,4420	0,5148	0,8797	1,2948	1,6600	2,1880	3,1627	4,0504	220,6	37,0
Kozak et al. (1969)	D	0,0008	0,0003	-0,0001	-0,0004	-0,0006	-0,0033	-0,0032	-0,0041	-0,0014	0,0005	0,0007	0,0009	0,0018	0,0014	0,0005	-0,0011	-0,0003
	DP	0,0059	0,0033	0,0031	0,0036	0,0042	0,0230	0,0220	0,0284	0,0127	0,0090	0,0061	0,0069	0,0140	0,0109	0,0048	0,0075	0,0020
	SSRR	0,0069	0,0026	0,0026	0,0037	0,0051	0,0272	0,0265	0,0281	0,0091	0,0055	0,0057	0,0078	0,0188	0,0179	0,0078	0,0741	0,0398
	RP	2,6144	1,1356	0,9744	1,1673	1,8463	2,1918	2,6238	1,7589	0,8320	0,6868	1,3509	1,8849	2,7369	3,7355	3,6828	272,6	1228,6
Potência		8	4	8	4	4	8	4	4	8	4	4	9	6	5	11	4	7
Quinto Grau		4	9	12	8	8	4	8	8	4	12	8	4	7	7	6	8	5
Kozak		12	11	4	12	12	12	12	12	12	8	12	11	11	12	7	12	12

ANEXO 78 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE IDADE DE 12 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0009	-0,0003	-0,0002	-0,0002	-0,0002	-0,0007	-0,0003	0,0002	0,0003	0,0003	0,0001	0,0001	0,0005	0,0006	0,0004	0,0002	0,0000
	DP	0,0090	0,0058	0,0049	0,0039	0,0036	0,0109	0,0064	0,0124	0,0130	0,0131	0,0062	0,0062	0,0131	0,0117	0,0070	0,0031	0,0006
	SSRR	0,0174	0,0082	0,0060	0,0040	0,0033	0,0079	0,0034	0,0062	0,0081	0,0103	0,0056	0,0072	0,0213	0,0233	0,0163	0,0077	0,0021
	RP	2,7420	1,6898	1,57368	1,1083	0,9909	0,5697	0,3067	0,3876	0,6646	0,90666	1,1810	2,1045	4,2589	6,6654	9,5497	7,8224	17,1409
Quinto Grau	D	0,0000	-0,0003	-0,0005	-0,0005	-0,0005	-0,0008	0,0006	0,0019	-0,0002	-0,0010	-0,0002	0,0001	0,0012	0,0012	0,0001	-0,0002	0,0001
	DP	0,0069	0,0060	0,0057	0,0051	0,0044	0,0114	0,0073	0,0167	0,0128	0,0140	0,0063	0,0062	0,0150	0,0135	0,0066	0,0036	0,0010
	SSRR	0,0090	0,0087	0,0082	0,0065	0,0052	0,0085	0,0040	0,0110	0,0083	0,0131	0,0062	0,0071	0,0237	0,0267	0,0168	0,0118	0,0048
	RP	1,7240	1,7339	1,86259	1,5458	1,3707	0,5846	0,5105	0,6946	0,6846	1,23186	1,4356	2,0920	3,8458	6,0838	11,5379	15,2665	31,5925
Kozak et al. (1969)	D	0,0010	0,0002	-0,0003	-0,0006	-0,0008	-0,0047	-0,0044	-0,0054	-0,0015	0,0011	0,0010	0,0010	0,0022	0,0016	0,0005	-0,0003	-0,0002
	DP	0,0087	0,0054	0,0050	0,0056	0,0063	0,0351	0,0333	0,0405	0,0152	0,0145	0,0086	0,0093	0,0201	0,0152	0,0073	0,0039	0,0019
	SSRR	0,0138	0,0069	0,0063	0,0075	0,0100	0,0612	0,0579	0,0528	0,0131	0,0121	0,0096	0,0122	0,0346	0,0318	0,0167	0,0137	0,0230
	RP	3,8071	2,0087	1,5987	1,7674	2,5524	3,7474	4,3201	2,4337	0,9969	0,96587	1,5150	2,2905	4,2844	6,2367	9,1579	17,9269	249,83
Potência		10	6	4	4	4	4	4	4	6	4	4	6	4	6	7	4	4
Quinto Grau		4	10	12	8	8	8	8	8	6	9	8	6	9	7	7	8	8
Kozak		10	8	8	12	12	12	12	12	12	11	12	12	11	12	10	12	12

ANEXO 79 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE IDADE DE 13 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0014	-0,0002	-0,0002	-0,0002	-0,0002	-0,0007	-0,0002	0,0007	0,0003	-0,0001	-0,0001	-0,0002	0,0005	0,0011	0,0006	-0,0013	0,0000
	DP	0,0059	0,0031	0,0024	0,0020	0,0017	0,0054	0,0040	0,0096	0,0090	0,0092	0,0047	0,0049	0,0087	0,0072	0,0050	0,0005	0,0002
	SSRR	0,0107	0,0032	0,0024	0,0019	0,0014	0,0031	0,0018	0,0051	0,0063	0,0065	0,0037	0,0060	0,0147	0,0110	0,0088	0,0378	0,0009
	RP	3,2142	1,3009	0,98657	0,8687	0,6130	0,3036	0,1904	0,3685	0,5319	0,67558	0,9712	2,7321	5,8577	3,7218	4,1320	128,869	31,9621
Quinto Grau	D	0,0002	-0,0003	-0,0006	-0,0006	-0,0005	-0,0007	0,0011	0,0027	-0,0005	-0,0018	-0,0005	-0,0001	0,0015	0,0019	0,0003	-0,0017	0,0001
	DP	0,0039	0,0032	0,0030	0,0026	0,0022	0,0055	0,0056	0,0129	0,0092	0,0108	0,0050	0,0049	0,0093	0,0089	0,0046	0,0061	0,0002
	SSRR	0,0040	0,0034	0,0034	0,0030	0,0022	0,0031	0,0028	0,0082	0,0067	0,0094	0,0043	0,0059	0,0157	0,0140	0,0085	0,0615	0,0007
	RP	1,5808	1,3333	1,28919	1,2419	0,9244	0,3049	0,4133	0,6777	0,5316	0,97448	1,1588	2,6613	5,2602	3,7737	4,7762	205,859	11,7794
Kozak et al. (1969)	D	0,0015	0,0005	-0,0002	-0,0006	-0,0009	-0,0058	-0,0058	-0,0077	-0,0031	0,0005	0,0011	0,0013	0,0033	0,0030	0,0013	-0,0018	-0,0006
	DP	0,0056	0,0032	0,0025	0,0028	0,0033	0,0210	0,0210	0,0280	0,0136	0,0092	0,0050	0,0058	0,0137	0,0119	0,0059	0,0066	0,0020
	SSRR	0,0089	0,0034	0,0024	0,0034	0,0045	0,0314	0,0337	0,0377	0,0132	0,0065	0,0051	0,0079	0,0241	0,0225	0,0113	0,0716	0,0577
	RP	3,9921	1,7309	0,9990	1,3973	1,9466	3,1868	4,0306	2,4878	1,0045	0,67481	1,2127	2,5275	5,4651	4,9991	4,0676	238,434	1777,61
Potência		10	6	6	6	6	6	6	6	7	7	5	10	8	7	9	6	8
Quinto Grau		4	8	11	7	7	7	7	7	6	11	9	5	6	8	6	7	5
Kozak		10	10	7	11	11	11	11	11	11	6	10	9	10	9	9	11	11

ANEXO 80 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE PARA A CLASSE DE IDADE DE 14 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	0,0012	0,0005	0,0001	-0,0002	-0,0003	-0,0013	-0,0006	0,0007	0,0010	0,0002	-0,0001	-0,0002	-0,0004	0,0003	0,0005	0,0001	0,0001
	DP	0,0050	0,0022	0,0013	0,0013	0,0014	0,0058	0,0036	0,0060	0,0073	0,0058	0,0028	0,0024	0,0057	0,0070	0,0059	0,0018	0,0003
	SSRR	0,0043	0,0013	0,0005	0,0004	0,0005	0,0018	0,0010	0,0017	0,0023	0,0018	0,0013	0,0012	0,0038	0,0087	0,0102	0,0029	0,0005
	RP	2,6436	1,2097	0,6084	0,5613	0,6912	0,5061	0,3075	0,3794	0,6035	0,498	0,8585	0,8646	1,8607	6,4885	16,416	16,824	23,704
Quinto Grau	D	0,0009	-0,0001	-0,0004	-0,0005	-0,0005	-0,0002	0,0016	0,0029	-0,0006	-0,0023	-0,0007	-0,0002	0,0008	0,0014	0,0001	-0,0004	0,0001
	DP	0,0043	0,0021	0,0018	0,0022	0,0019	0,0030	0,0060	0,0124	0,0061	0,0087	0,0032	0,0024	0,0057	0,0081	0,0056	0,0018	0,0004
	SSRR	0,0032	0,0009	0,0009	0,0010	0,0008	0,0007	0,0023	0,0049	0,0022	0,0052	0,0022	0,0012	0,0037	0,0095	0,0112	0,0064	0,0009
	RP	1,9675	0,9605	1,2085	1,3701	1,0944	0,2137	0,9954	1,1305	0,4502	1,298	1,3836	0,8492	1,7633	5,9321	20,385	45,095	33,038
Kozak et al. (1969)	D	0,0020	0,0006	-0,0001	-0,0006	-0,0009	-0,0048	-0,0043	-0,0051	-0,0016	0,0003	0,0006	0,0008	0,0017	0,0019	0,0009	-0,0003	-0,0003
	DP	0,0079	0,0025	0,0015	0,0026	0,0033	0,0184	0,0166	0,0198	0,0075	0,0059	0,0038	0,0038	0,0080	0,0090	0,0065	0,0017	0,0010
	SSRR	0,0086	0,0015	0,0005	0,0014	0,0024	0,0157	0,0143	0,0127	0,0034	0,0018	0,0017	0,0019	0,0057	0,0112	0,0101	0,0057	0,0087
	RP	5,8065	1,4137	0,7293	1,8464	3,3263	4,7391	4,7722	2,2565	0,6723	0,5049	1,1896	1,6188	2,8101	6,7199	13,513	39,888	583,78
Potência		8	8	4	4	4	8	4	4	8	4	4	7	6	5	8	5	4
Quinto Grau		4	4	12	8	8	4	8	8	4	12	10	5	6	7	8	11	8
Kozak		12	12	8	12	12	12	12	12	12	8	10	12	12	12	8	8	12

ANEXO 81 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE IDADE DE 15 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0011	0,0000	0,0001	-0,0001	-0,0002	-0,0001	0,0006	0,0016	0,0005	-0,0001	0,0000	0,0000	0,0004	0,0006	0,0005	-0,0012	-0,0001
	DP	0,0073	0,0043	0,0033	0,0025	0,0020	0,0075	0,0081	0,0207	0,0171	0,0156	0,0084	0,0086	0,0169	0,0129	0,0084	0,0064	0,0007
	SSRR	0,0076	0,0030	0,0018	0,0010	0,0007	0,0025	0,0036	0,0126	0,0094	0,0099	0,0062	0,0074	0,0185	0,0152	0,0127	0,0437	0,0056
	RP	2,2868	1,1632	0,8082	0,5019	0,3793	0,3765	0,4277	0,7969	0,8409	1,1535	1,6691	2,3360	3,8705	3,9435	5,6123	153,65	211,58
Quinto Grau	D	0,0005	-0,0003	-0,0005	-0,0006	-0,0006	-0,0001	0,0024	0,0046	-0,0002	-0,0021	-0,0005	0,0001	0,0016	0,0015	-0,0001	-0,0019	0,0001
	DP	0,0058	0,0050	0,0039	0,0037	0,0030	0,0075	0,0133	0,0277	0,0168	0,0166	0,0085	0,0087	0,0176	0,0136	0,0085	0,0099	0,0004
	SSRR	0,0039	0,0035	0,0028	0,0024	0,0018	0,0025	0,0080	0,0205	0,0096	0,0144	0,0070	0,0074	0,0196	0,0169	0,0141	0,0893	0,0011
	RP	1,3091	1,3457	1,1838	1,0407	0,8923	0,3775	0,8864	1,2311	0,8961	1,8378	2,0342	2,2929	3,5107	3,8627	7,2469	303,84	21,866
Kozak et al. (1969)	D	0,0020	0,0005	-0,0002	-0,0007	-0,0010	-0,0058	-0,0051	-0,0063	-0,0024	0,0006	0,0011	0,0014	0,0032	0,0026	0,0010	-0,0019	-0,0007
	DP	0,0103	0,0046	0,0033	0,0041	0,0053	0,0303	0,0266	0,0374	0,0181	0,0163	0,0096	0,0100	0,0204	0,0154	0,0090	0,0101	0,0035
	SSRR	0,0119	0,0034	0,0019	0,0029	0,0046	0,0304	0,0278	0,0346	0,0140	0,0098	0,0076	0,0100	0,0267	0,0228	0,0138	0,0920	0,0915
	RP	4,3307	1,4038	0,8565	1,2806	2,3062	3,6775	4,0118	2,8923	1,4082	1,0827	1,7249	2,5193	4,2049	4,9498	5,4570	312,55	3037,3
Potência		8	4	4	4	4	4	4	4	6	6	4	6	5	5	6	4	7
Quinto Grau		4	10	12	8	8	8	8	8	6	12	9	6	7	7	9	8	5
Kozak		12	10	8	12	12	12	12	12	12	6	11	12	12	12	9	12	12

ANEXO 82 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE IDADE DE 16 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0007	0,0001	-0,0001	-0,0002	-0,0001	0,0001	0,0006	0,0012	0,0000	-0,0005	-0,0002	-0,0002	0,0004	0,0008	0,0004	0,0004	0,0002
	DP	0,0063	0,0035	0,0026	0,0021	0,0017	0,0062	0,0075	0,0186	0,0182	0,0150	0,0065	0,0059	0,0119	0,0109	0,0076	0,0043	0,0009
	SSRR	0,0049	0,0017	0,0011	0,0008	0,0006	0,0016	0,0022	0,0085	0,0087	0,0065	0,0032	0,0032	0,0083	0,0129	0,0136	0,0102	0,0024
	RP	0,0745	0,0368	0,0281	0,0204	0,0157	0,0100	0,0138	0,0303	0,0344	0,030	0,0358	0,0420	0,0757	0,2248	0,7726	2,3583	1,3455
Quinto Grau	D	0,0011	-0,0005	-0,0009	-0,0009	-0,0007	0,0002	0,0032	0,0054	-0,0011	-0,0035	-0,0010	-0,0001	0,0022	0,0024	0,0000	-0,0004	0,0003
	DP	0,0068	0,0043	0,0050	0,0050	0,0036	0,0062	0,0170	0,0307	0,0194	0,0219	0,0082	0,0058	0,0144	0,0155	0,0071	0,0041	0,0014
	SSRR	0,0053	0,0026	0,0037	0,0035	0,0021	0,0016	0,0097	0,0195	0,0096	0,0148	0,0048	0,0032	0,0122	0,0188	0,0143	0,0155	0,0050
	RP	0,0820	0,0510	0,0811	0,0824	0,0513	0,0103	0,0632	0,0705	0,0377	0,072	0,0574	0,0410	0,0923	0,2368	0,8844	4,3581	2,3205
Kozak et al. (1969)	D	0,0030	0,0006	-0,0005	-0,0011	-0,0013	-0,0072	-0,0065	-0,0085	-0,0034	0,0006	0,0013	0,0017	0,0041	0,0034	0,0011	-0,0004	-0,0004
	DP	0,0160	0,0044	0,0032	0,0058	0,0069	0,0382	0,0345	0,0464	0,0243	0,0137	0,0080	0,0095	0,0226	0,0193	0,0092	0,0042	0,0023
	SSRR	0,0205	0,0024	0,0019	0,0046	0,0062	0,0391	0,0361	0,0425	0,0160	0,0062	0,0052	0,0073	0,0239	0,0260	0,0148	0,0160	0,0215
	RP	0,3292	0,0532	0,0436	0,1075	0,1559	0,2142	0,2199	0,1474	0,0631	0,028	0,0571	0,0885	0,1776	0,2972	0,6420	4,4866	26,594
Potência		4	4	4	4	4	4	4	4	4	7	4	8	4	4	7	6	4
Quinto Grau		8	9	12	8	8	8	8	8	8	12	10	4	8	8	7	7	8
Kozak		12	11	8	12	12	12	12	12	12	5	10	12	12	12	10	11	12

ANEXO 83 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE IDADE DE 17 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0016	-0,0001	-0,0003	-0,0006	-0,0006	-0,0006	0,0009	0,0022	0,0002	-0,0013	-0,0007	-0,0009	-0,0016	-0,0004	0,0003	-0,0013	-0,0003
	DP	0,0024	0,0011	0,0009	0,0009	0,0008	0,0013	0,0014	0,0034	0,0039	0,0035	0,0015	0,0016	0,0030	0,0024	0,0016	0,0014	0,0003
	SSRR	0,0086	0,0029	0,0020	0,0023	0,0016	0,0014	0,0013	0,0043	0,0066	0,0087	0,0041	0,0053	0,0117	0,0087	0,0065	0,0294	0,0092
	RP	0,1392	0,0818	0,0670	0,0651	0,0512	0,0140	0,0123	0,0233	0,0326	0,0400	0,0539	0,0971	0,1426	0,2064	0,3161	5,7372	14,660
Quinto Grau	D	0,0006	-0,0006	-0,0011	-0,0013	-0,0011	-0,0004	0,0035	0,0055	-0,0019	-0,0047	-0,0013	-0,0005	0,0012	0,0016	-0,0006	-0,0024	0,0001
	DP	0,0012	0,0013	0,0014	0,0015	0,0013	0,0012	0,0038	0,0062	0,0039	0,0058	0,0018	0,0016	0,0032	0,0027	0,0017	0,0027	0,0001
	SSRR	0,0038	0,0038	0,0046	0,0056	0,0038	0,0013	0,0078	0,0126	0,0087	0,0199	0,0056	0,0043	0,0090	0,0100	0,0084	0,0922	0,0005
	RP	0,0913	0,0907	0,1123	0,1425	0,1112	0,0138	0,0659	0,0642	0,0353	0,0918	0,0702	0,0829	0,1206	0,2199	0,4139	17,384	0,6554
Kozak et al. (1969)	D	0,0028	0,0006	-0,0006	-0,0015	-0,0018	-0,0086	-0,0072	-0,0096	-0,0041	0,0002	0,0014	0,0016	0,0032	0,0024	0,0005	-0,0025	-0,0007
	DP	0,0031	0,0010	0,0011	0,0017	0,0020	0,0096	0,0081	0,0106	0,0054	0,0035	0,0021	0,0021	0,0042	0,0031	0,0016	0,0028	0,0008
	SSRR	0,0142	0,0032	0,0028	0,0069	0,0092	0,0427	0,0326	0,0344	0,0145	0,0074	0,0051	0,0063	0,0148	0,0130	0,0066	0,0938	0,0560
	RP	0,3396	0,1087	0,0775	0,1762	0,2701	0,2808	0,2521	0,1398	0,0578	0,0394	0,0865	0,1269	0,1878	0,2668	0,3119	17,687	85,127
Potência		8	5	4	4	4	8	4	4	4	7	4	8	7	4	5	4	8
Quinto Grau		4	10	12	8	8	4	8	8	8	12	9	4	5	8	12	8	4
Kozak		12	9	8	12	12	12	12	12	12	5	11	12	12	12	7	12	12



ANEXO 84 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA A CLASSE DE IDADE DE 18 ANOS.

		Alturas Totais em (%)																	
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95	
Potência Fracionária	D	-0,0016	-0,0001	-0,0001	-0,0002	-0,0002	-0,0001	0,0002	-0,0001	-0,0010	-0,0007	0,0000	0,0002	0,0005	0,0004	0,0000	-0,0020	-0,0001	
	DP	0,0154	0,0073	0,0045	0,0036	0,0033	0,0115	0,0113	0,0281	0,0324	0,0292	0,0144	0,0133	0,0235	0,0212	0,0150	0,0138	0,0008	
	SSRR	0,0224	0,0066	0,0029	0,0018	0,0019	0,0047	0,0054	0,0183	0,0272	0,0268	0,0144	0,0150	0,0312	0,0321	0,0324	0,1404	0,0068	
	RP	2,7104	1,1040	0,5799	0,3560	0,3775	0,2668	0,3338	0,6180	1,0600	1,27276	1,5893	2,0088	2,9517	4,7062	9,1094	239,673	86,5007	
Quinto Grau	D	0,0010	-0,0010	-0,0014	-0,0013	-0,0010	0,0003	0,0043	0,0068	-0,0017	-0,0048	-0,0012	0,0000	0,0026	0,0026	-0,0005	-0,0031	0,0001	
	DP	0,0122	0,0098	0,0099	0,0090	0,0072	0,0117	0,0299	0,0503	0,0335	0,0401	0,0160	0,0134	0,0278	0,0245	0,0151	0,0211	0,0006	
	SSRR	0,0139	0,0117	0,0117	0,0100	0,0071	0,0047	0,0268	0,0464	0,0295	0,0526	0,0193	0,0152	0,0371	0,0406	0,0360	0,2881	0,0025	
	RP	2,1145	1,6820	1,9549	1,8167	1,3168	0,2805	1,6548	1,5621	1,1513	2,52070	2,2405	2,0637	2,8917	4,5806	10,5589	461,515	23,4317	
Kozak et al. (1969)	D	0,0037	0,0005	-0,0008	-0,0015	-0,0019	-0,0097	-0,0086	-0,0118	-0,0051	0,0005	0,0019	0,0025	0,0054	0,0042	0,0014	-0,0031	-0,0011	
	DP	0,0254	0,0075	0,0066	0,0104	0,0128	0,0662	0,0592	0,0806	0,0430	0,0286	0,0165	0,0192	0,0399	0,0314	0,0170	0,0214	0,0074	
	SSRR	0,0478	0,0068	0,0060	0,0130	0,0197	0,1095	0,0986	0,1197	0,0513	0,0253	0,0195	0,0264	0,0651	0,0599	0,0331	0,2958	0,3250	
	RP	7,2211	1,3174	0,9984	2,3909	3,9548	5,2138	5,4024	3,8103	2,0041	1,18430	1,9392	2,8546	4,3742	6,0065	7,3423	472,832	3812,18	
Potência		8	4	4	4	4	5	4	4	4	8	4	5	5	5	5	4	8	
Quinto Grau		4	12	12	8	8	7	8	8	8	12	9	7	7	7	10	8	4	
Kozak		12	8	8	12	12	12	12	12	12	4	11	12	12	12	9	12	12	

ANEXO 85 - ESTATÍSTICAS DAS TRÊS EQUAÇÕES PARA A OBTENÇÃO DE ESTIMATIVAS DOS VOLUMES AO LONGO DO FUSTE  
PARA O CONJUNTO TOTAL DOS DADOS.

		Alturas Totais em (%)																
Modelos	Est.	0	1	2	3	4	5	10	15	25	35	45	50	55	65	75	85	95
Potência Fracionária	D	-0,0012	-0,0134	0,0013	-0,0067	-0,0114	-0,0144	-0,0058	-0,0007	0,0002	-0,0029	-0,0006	-0,0012	-0,0011	0,0058	0,0050	-0,0039	-0,0001
	DP	8,1351	5,6584	4,9033	4,6775	4,1749	3,9743	2,4310	2,3104	2,7230	2,6765	2,8760	2,9147	3,3358	3,7854	3,7175	3,1410	2,0599
	SSRR	67,047	34,627	28,292	26,428	21,649	19,744	9,1650	8,8082	12,741	12,979	16,257	18,005	28,512	40,308	50,967	62,953	52,589
	RP	0,0357	0,0202	0,0183	0,0179	0,0150	0,0142	0,0073	0,0073	0,0116	0,0129	0,0181	0,0217	0,0406	0,0665	0,1114	0,2604	0,3948
Quinto Grau	D	0,0656	-0,0063	-0,0269	-0,0420	-0,0435	-0,0389	0,0126	0,0355	0,0141	-0,0200	-0,0183	-0,0088	0,0038	0,0271	0,0131	-0,0264	0,0075
	DP	8,7147	5,5709	5,4276	5,7072	5,3366	4,9016	2,4853	3,5380	2,9635	2,8898	3,0698	2,9606	3,3675	4,2560	3,7925	3,6105	2,0715
	SSRR	80,401	33,614	33,181	37,081	32,477	27,928	9,6340	16,280	13,769	16,456	19,809	19,067	28,239	45,593	51,351	88,221	49,903
	RP	0,0407	0,0198	0,0205	0,0236	0,0212	0,0192	0,0082	0,0140	0,0126	0,0163	0,0226	0,0234	0,0396	0,0678	0,1071	0,3761	0,3453
Kozak et al. (1969)	D	0,1735	0,0589	0,0009	-0,0468	-0,0762	-0,0953	-0,1104	-0,0921	-0,0396	0,0072	0,0452	0,0558	0,0621	0,0651	0,0327	-0,0495	-0,1817
	DP	14,567	6,4622	4,9060	5,9075	7,1428	8,2890	9,1596	7,6306	3,7616	2,7442	4,3142	4,9844	5,7466	6,1196	4,3144	4,7413	14,980
	SSRR	186,01	47,184	28,306	39,534	55,257	72,780	85,192	64,621	24,657	13,020	31,773	43,539	61,224	81,565	60,650	138,67	1798,7
	RP	0,0968	0,0293	0,0183	0,0251	0,0357	0,0494	0,0630	0,0510	0,0217	0,0130	0,0331	0,0476	0,0726	0,1109	0,1135	0,5710	12,477
Potência		4	8	6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	4	5	4	6
Quinto Grau		8	4	10	8	8	8	8	8	8	12	8	8	6	8	7	8	6
Kozak		12	12	8	12	12	12	12	12	12	8	12	12	12	12	12	12	12